TEORIA
TEORIA
1

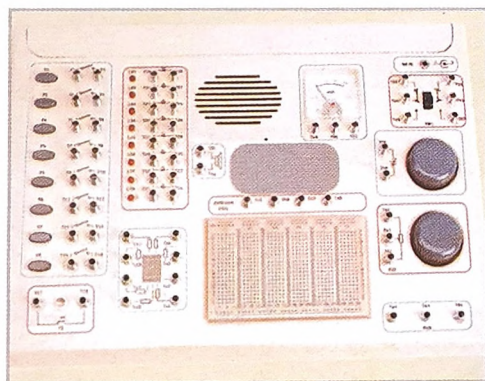
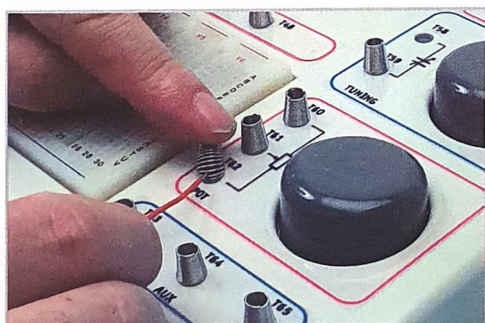
Il laboratorio elettronico

Per portare facilmente e rapidamente a termine esperimenti e prototipi bisogna utilizzare mezzi adeguati.

Un grande numero di persone appassionate di elettronica tralascia il progetto teorico di un circuito, o di una sua parte, e di conseguenza non riesce a portarne a termine la realizzazione pratica per diversi motivi che adesso andiamo ad analizzare.

Piastra d'inserzione rapida e sua definitiva collocazione.

I componenti

Per fare degli esperimenti si ha bisogno dei componenti e quanti più saranno gli esperimenti, tanti più componenti saranno necessari. Nel caso in cui non si costruiscano gruppi "definitivi", conviene fare in modo che lo "smontaggio" sia veloce e inoltre sia facile il recupero del maggior numero possibile di componenti, che dovranno essere in buone condizioni per i prossimi montaggi.

Laboratorio.

Sistema di connessione rapida per le molle.

Il montaggio

Il secondo problema riguarda il supporto su cui effettuare il montaggio. Per quanto riguarda i prototipi, tre sono le soluzioni basilari: saldare i componenti direttamente tra di loro, utilizzare un circuito stampato "mille fori" o utilizzare una piastra per l'inserzione rapida dei componenti. I primi due procedimenti obbligano a saldare e, inoltre, se si vogliono cambiare i valori, occorre dissaldare con un dissaldatore per poi saldare il nuovo elemento. Le piastre per inserzione rapida sono costose, ma consentono di recuperare tutti i componenti utilizzati e, soprattutto, ne consentono la sostituzione: per rimpiazzare una resistenza con un'altra di diverso valore, basta sollevare i terminali della prima e inserire al suo posto la seconda. Altri componenti, come il potenziometro, i pulsanti, i diodi LED, che vengono frequentemente utilizzati e sono comuni a molti esperimenti, conviene tenerli permanentemente installati su un pannello.

La soluzione

Pensando a tutti questi problemi, e per utilizzare al massimo il tempo, è stato progettato un "laboratorio di elettronica" suddiviso in due parti ben distinte tra loro: da una parte il laboratorio in sé, disposto a mo' di banco e con un gran numero di componenti permanentemente installati, e dall'altra parte una vasta serie di componenti e cavi per svolgere gli esperimenti che aumenteranno settimana dopo settimana.

Il laboratorio

Questo gruppo completo ha come pezzo principale una pia-

stra d'inserzione rapida di componenti a pressione, cioè senza saldature, con 665 punti d'inserzione, che permette l'inserimento di numerosi componenti e quindi, il montaggio di circuiti abbastanza complessi. La fila inferiore viene direttamente collegata al negativo dell'alimentazione, mentre quella superiore viene collegata al positivo in "banchi"di 5 fori con una variazione di 1,5 Volt per ciascuna delle pile d'alimentazione, fino ad un massimo di 9 Volt.

La piastra d'inserzione ha una grande capacità di ospitare i più svariati componenti.

Altri aiuti

Sul pannello principale dispone di una fila composta da 8 diodi LED, con connessioni indipendenti, il contatto elettrico avviene grazie alla pressione di una molla sul cavo utilizzato per la connessione. Sarà di grande utilità per costruire indicatori luminosi oppure per effettuare test che verifichino il funzionamento del circuito su cui si sta effettuando l'esperimento.

Si dispone anche di una fila composta da 8 pulsanti, anch'essi connessi indipendentemente, che si possono collegare o scollegare grazie alla semplice pressione di una molla.

Il display digitale a 7 segmenti incorpora le 7 resistenze limitatrici facilitando la messa in funzione dei nostri esperimenti con i circuiti contatori.

I cavi vanno tagliati con gli attrezzi appropriati.

L'altoparlante permette di ascoltare il suono dei generatori audio, del ricevitore audio e di altri circuiti.

Lo strumento di misurazione viene impiegato in molti circuiti, anche se, nel corso di diversi esperimenti, si costruiranno diversi strumenti più complessi e che non realizzano soltanto le funzioni di un multimetro.

Il fototransistor si impiega negli esperimenti con la luce.

Il commutatore a due posizioni e due vie evita di collegare e scollegare fili e, commutando istantaneamente due circuiti, facilita la realizzazione di alcuni particolari circuiti.

Radio

Per realizzare esperimenti sulla radiofrequenza, si dispone di una bobina, di un'antenna radio e di un condensatore variabile, che è molto difficile trovare anche nei migliori negozi di componenti. In molti circuiti viene utilizzato un potenziometro e risulta di notevole comodità poter disporre di un poten-

Corretta piegatura dei terminali di un diodo.

ziometro con un comando di regolazione manuale, anche se ne verranno dati diversi regolabili per utilizzarli con la piastra d'inserzione rapida.

Si dispone anche di 3 molle ausiliarie di utilizzo generale: non hanno connessioni all'interno della piastra e vengono usate soprattutto per connessioni che devono stare all'esterno del laboratorio.

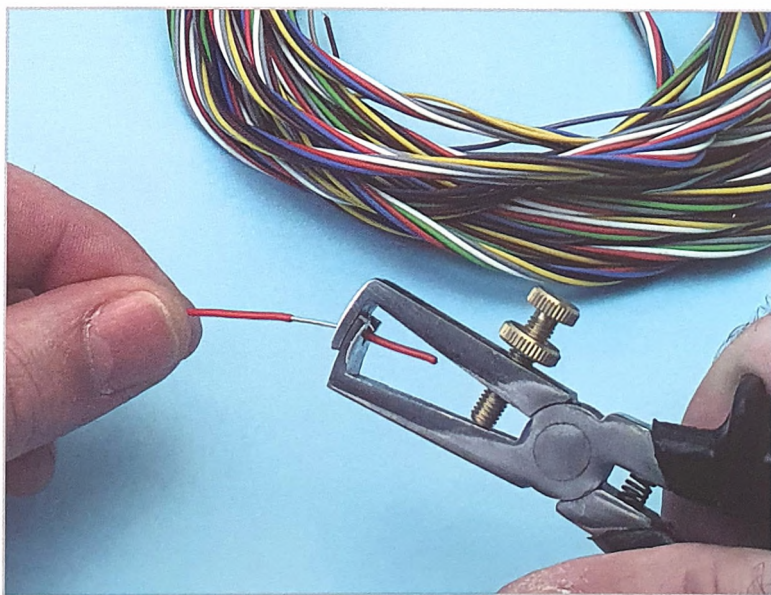
L'alimentazione viene realizzata mediante 6 pile da 1,5 Volt, alloggiate nel portapile incorporato. L'alimentazione è possibile anche mediante un connettore d'entrata d'alimentazione per l'utilizzo di un alimentatore a 9 Volt d'uso corrente.

Strumentazione

Questo laboratorio è sufficiente a realizzare tutti gli esperimenti che verranno presentati, oltre a molti altri che capiteranno sicuramente al lettore; quando si parla di laboratorio, tuttavia, ci si immagina quei grandi laboratori elettronici con gruppi di misurazione sofisticati e che costano miliardi.

Un grande numero di esperimenti può essere realizzato anche senza strumentazione, ma se abbiamo un po' di denaro, anche poco, e vogliamo migliorare il laboratorio, possiamo acquistare un semplice multimetro (ne raccomandiamo uno digitale): attualmente anche i modelli più economici sono di buona qualità e possiedono una precisione più che accettabile per moltissime applicazioni. Misurano tensioni continue, correnti continue e resistenze; misurano anche tensioni alternate. A seconda del modello possono misurare anche altri parametri, come la corrente alternata, la capacità, la frequenza e la temperatura. I modelli più economici hanno in genere una precisione superiore all'1%.

Attrezzatura

Per portare a termine degli esperimenti non è necessario disporre di un grande laboratorio, ma conviene disporre almeno di un minimo di attrezzatura dedicata che si può trovare ovunque per effettuare riparazioni elementari. Gli attrezzi di elevata qualità sono generalmente molto costosi, ma quando si effettuano degli esperimenti non bisogna investire molto denaro negli attrezzi, pertanto i modelli più economici sono più che sufficienti. In seguito verranno elencati alcu-

I cavi vanno "spellati" facendo attenzione a non danneggiare il filo conduttore.

ni attrezzi d'uso più comune in campo elettronico.

Pinze da taglio

Ne esistono di diversi modelli e si utilizzano principalmente per tagliare i cavi e i terminali dei componenti; i più adeguati sono i modelli adatti soprattutto a questa applicazione: garantiscono un taglio molto sottile, ma si rovinano se vengono usati per tagliare fili d'acciaio. La zona di taglio si danneggia anche soltanto tagliando un piccolo clip da laboratorio. Le pinze per tagliare fili duri, facili da trovare in tutti i ferramenta, sono più economiche.

Pinze a punta piatta

Sono molto utili sia per afferrare componenti sia per dar forma ai loro terminali e, come le precedenti, sono disponibili in una grande quantità di modelli, di qualità e di prezzi.

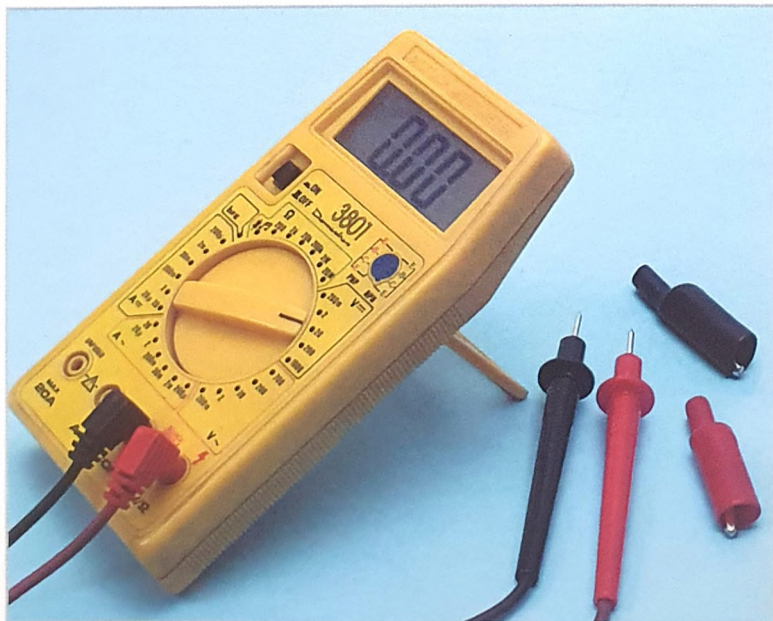
Conviene disporre di cacciaviti appropriati per viti dalla testa differente.

Cacciaviti

Quelli a punta piatta sono i più classici, ma molte apparecchiature non hanno viti svitabili con questi utensili: i costruttori, infatti, utilizzano viti la cui testa si adatti maggiormente ai cacciaviti automatici. I più utilizzati sono quelli con testa a "stella" e tra questi i più usati sono del tipo "Philips", ma ne esistono di molti tipi differenti. Ultimamente sono abbastanza utilizzati anche quelli con testa "Torx".

Spellacavi

Sotto questa denominazione così comune si nascondono moltissimi utensili atti a togliere la copertura isolante dai cavi. Una persona molto abile può utilizzare a questo fine una pinza da taglio, un coltello, delle forbici, ma questo metodo non è raccomandabile, dato che la maggior parte delle volte il filo conduttore rimane danneggiato e, dopo qualche tempo, in quello stesso punto, si rompe generando un guasto. Esistono spellacavi a calibro fisso e spellacavi regolabili secondo il diametro con cui si lavora.

Anche se questi utensili sono stati progettati per togliere la copertura isolante senza compromettere il filo conduttore, prima di utilizzarli si devono verificare e regolare attentamente onde evitare di danneggiare il cavo.

Il multimetro è lo strumento più popolare del laboratorio.

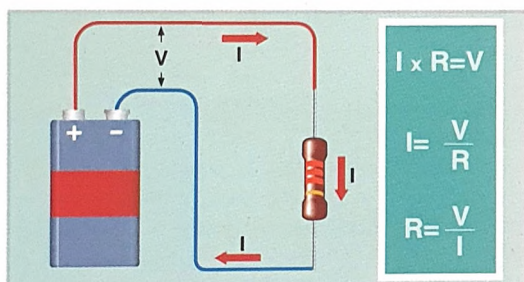
Tensioni e correnti

La legge di Ohm stabilisce la proporzionalità fra la corrente che circola in una resistenza e la tensione applicata fra i suoi estremi.

La corrente elettrica consiste in una massa di elettroni che circolano in un materiale conduttore quando fra i suoi estremi si applica una differenza di potenziale. La differenza di potenziale è conosciuta come tensione, e nel caso in cui sia zero non circola corrente. D'altra parte, i materiali conduttori differiscono fra loro per la facilità o la difficoltà che ha la corrente elettrica a circolare attraverso questi, cioè offrono una certa "resistenza" ad essere attraversati.

La corrente elettrica non si vede, si studia attraverso i suoi effetti.

Gli effetti

La corrente elettrica, la tensione e la resistenza non si possono vedere, poiché gli elettroni sono invisibili. Tuttavia sono facili da studiare e da misurare attraverso i loro effetti.

Legge di Ohm. Mette in relazione la tensione e la corrente che attraversa una resistenza.

Vediamo un semplice esempio: se osserviamo una piccola pila da 9 V vedremo solo la sua forma geometrica, ma non potremo sapere se è carica o scarica, però se costruiamo un piccolo circuito con un diodo LED e una resistenza di 2K2 uniti in serie, e colleghiamo l'insieme ai due terminali della pila, avremo le seguenti possibilità:

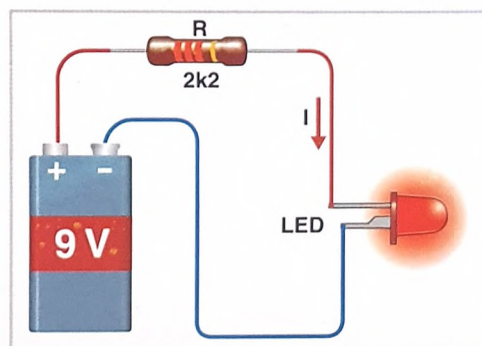
– se il LED si illumina ci indicherà che oltre ad essere correttamente collegato, la pila è capace di fornire energia.

– se il LED non si accende può essere dovuto a varie cause: (A) uno dei cavi di connessione non è ben collegato; (B) sono invertiti i collegamenti del diodo LED e (C) la pila è scarica.

Come si può vedere, a partire da un semplice esperimento possiamo ottenere varie ipotesi e tutte valide. Deduciamo che fra i due terminali di collegamento della pila c'è una differenza di potenziale, o tensione, e inoltre, che chiudendo il circuito circola una corrente che provoca l'accensione del diodo LED.

Il senso

Proseguendo con l'esperimento precedente possiamo anche osservare che il diodo LED si illumina solo quando lo colleghiamo in un determinato senso, cioè, la pila può essere collegata in un solo modo, se noi invertiamo i collegamenti della stessa il diodo LED non si illumina.

La spiegazione di questo fenomeno è che, poiché il diodo LED conduce in un solo senso,

Questo semplice circuito ci permette di verificare come l'energia elettrica passi dalla pila al LED facendo sì che questo si illumini.

e la corrente che fornisce la pila ha un senso determinato, se entrambi coincidono la corrente circola, altrimenti no.

Si è stabilito un senso convenzionale di circolazione della corrente, vale a dire uscente dal polo positivo ed entrante dal polo negativo della pila e si indica con una freccia.

Condizioni

Perché circoli corrente dobbiamo avere un elemento che generi energia elettrica, cioè che sia capace di mantenere nei suoi estremi una tensione; supponiamo che questo elemento sia una pila, che logicamente deve essere carica. Deve anche avere, però, un materiale conduttore attraverso il quale circoli la corrente, per esempio un filo di rame, e un elemento attraverso il quale circoli questa corrente, che per facilitare lo studio supporremo una resistenza. Non dobbiamo però dimenticare un altro concetto importante, il circuito deve essere sempre chiuso perché circoli corrente.

mA	↔	A
1000 mA	=	1 A
100 mA	=	0,1 A
10 mA	=	0,01 A
1 mA	=	0,001 A

Quando si lavora con piccole correnti è più comodo utilizzare sottomultipli dell'unità di base che è l'Ampere.

La legge di Ohm

La legge di Ohm stabilisce la proporzionalità fra la tensione applicata agli estremi di una resistenza e la corrente che circola attraverso la stessa. Per applicare questa legge bisogna solo moltiplicare e dividere. Nonostante sia molto semplice è fondamentale e si utilizza molto spesso, in maniera tale che se impareremo a usarla potremo considerarci già integrati nel mondo dell'elettronica. La legge di Ohm è unica, ma si possono avere tre espressioni matematiche diverse: I x R = V; I = V/R; R = V/I.

La tensione

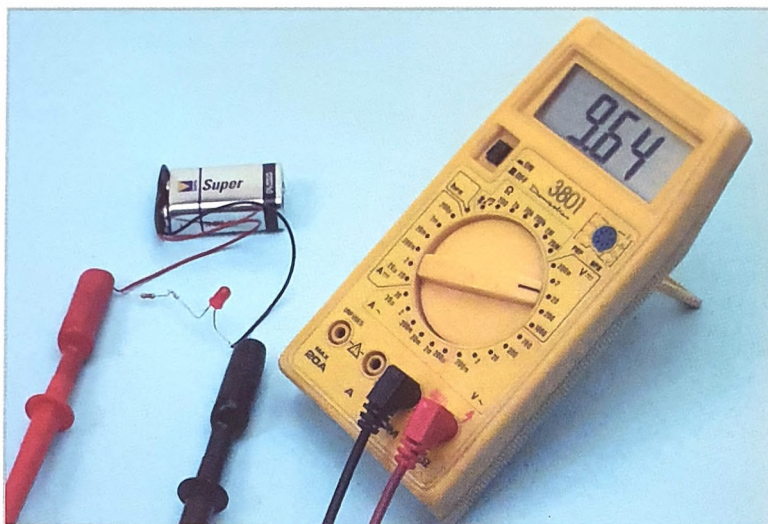
La tensione si usa per definire la differenza di potenziale fra due punti. È forse l'elemento più importante della legge di Ohm, poiché è questa differenza di potenziale a far sì che gli elettroni si muovano, sempre che trovino la strada per circolare, che di solito è il conduttore metallico che chiude il circuito, ma se la tensione è elevata la strada può realizzarsi con un arco elettrico fra i due capi del conduttore. L'unità di tensione è il Volt. Si usa anche di frequente il milliVolt che è mille volte inferiore, cioè 1.000 mV = 1 V. Per tensioni molto elevate si utilizza il "kV" cioè il kiloVolt. 1 kV sono mille Volt.

La corrente

La corrente elettrica è la quantità di carica elettrica che attraversa il conduttore in un'unità

mV	↔	V
1000 mV	=	1 V
100 mV	=	0,1 V
10 mV	=	0,01 V
1 mV	=	0,001 V

Il milliVolt è mille volte più piccolo del Volt; questo sottomultiplo si utilizza di frequente in elettronica.

Tensioni e correnti

Tester predisposto per misurare la tensione di una pila.

di tempo. Per misurarla si usa l'Ampere, ma questa unità, usata in elettricità, è troppo grande per lavorare con alcuni circuiti elettronici e si usano sottomultipli per evitare di avere decimali. Si usa il milliAmpere (mA) , che è la millesima parte di un Ampere, cioè 1.000 mA sono 1A. Però questa unità è ancora troppo grande per i circuiti a consumo molto basso, per cui è normale utilizzare il microAmpere (µA).

Un microAmpere è la milionesima parte di un Ampere. L'equivalenza è la seguente 1 mA = 1.000 µA e 1 A = 1.000 mA, per cui 1.000.000 µA = 1 A. Si è riusciti a ridurre così tanto il consumo che anche il microAmpere risulta troppo grande in alcune occasioni. In questi casi si utilizza il picoAmpere (pA) che è un milione di volte inferiore al microAmpere. Cioè 1.000.000 pA = 1µA.

La resistenza

La resistenza si misura in Ohm e si rappresenta con la lettera greca omega maiuscola. Se applichiamo la legge di Ohm a una resistenza di 1 Ohm quando fra i suoi terminali si applica la tensione di 1 Volt, risulta che circolerà attraverso questa la corrente di 1 A. È molto comune utilizzare dei multipli, così 1 KΩ sono 1.000Ω. Altro multiplo superiore è il megaOhm (MΩ), equivalente a 1.000.000 Ohm. Quando si utilizzano questi multipli della resistenza si usa la lettera K o la M maiuscole, che si sostituiscono al migliaio o al milione rispettivamente. Per esempio, una resistenza di 3.300 si rappresenta con 3K3, una di 1.500.000Ω con 1M5, con ciò si ottiene molta più chiarezza nelle espressioni e specialmente negli schemi quando è necessario includere molti collegamenti, componenti e dati degli stessi.

Esempio 1

Colleghiamo una resistenza di 1K5 ai terminali di una pila di 9 V. Vogliamo calcolare la corrente che passa per questa resistenza. Applichiamo la legge di Ohm: I = V/R, sostituendo i valori risulta: I = 9/1500 = 0,006 A, se moltiplichiamo per 1.000 otterremo l'espressione in milliAmpere. Cioè la corrente che passa per la resistenza è di 6 mA.

Esempio 2

Per una resistenza di 4K7 sta circolando una corrente di 55 mA. Vogliamo calcolare la tensione presente negli estremi di questa

µA	↔	mA
1000 µA	=	1 mA
100 µA	=	0,1 mA
10 µA	=	0,01 mA
1 µA	=	0,001 mA

I circuiti ogni volta consumano meno ed è frequente utilizzare unità più piccole, come il "µA", che è un milione di volte minore dell'Ampere.

Tensioni e correnti

resistenza. Applichiamo la legge di Ohm e risulta: V = I x R, però perché i dati calcolati siano corretti, le unità devono esprimersi nel seguente modo: la tensione in Volt, la resistenza in Ohm e la corrente in Ampere: prima bisogna togliere i multipli e i sottomultipli.

Continuando con l'esempio V = 0,055 x 4.700 = 258,5 Volt. Ciò nonostante c'è un caso in cui si possono utilizzare altre unità: per la tensione il Volt, per la corrente il milliAmpere e per la resistenza il KiloOhm. Se ripetiamo il calcolo precedente V = 55 x 4,7 = 258,5 Volt, vediamo che si ottiene lo stesso risultato. Osserviamo che per il calcolo la K si trasforma nella virgola decimale.

Amperometro analogico ad ago. Questi strumenti a una sola scala sono usati per la misura fissa di corrente.

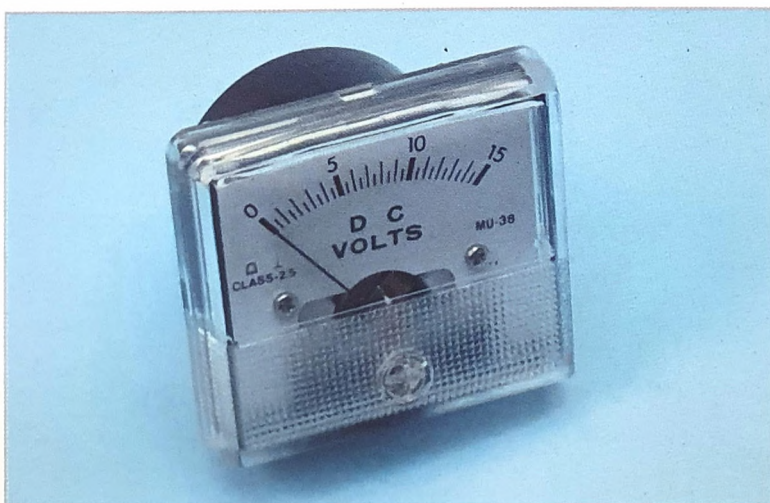
Esempio 3

Disponiamo di un circuito che consiste in una batteria di 12 Volt alla quale viene collegata una resistenza.

Siamo interessati a far passare per questa resistenza una corrente di soli 2,4 A. Calcoleremo il valore della resistenza applicando la legge di Ohm (R = V/I): R = 12 / 2,4 = 5Ω.

Esempio 4

Abbiamo una pila di 1,5 V e colleghiamo ai suoi estremi una resistenza di 470 K; vogliamo calcolare la corrente che circola. Applicando la legge di Ohm bisogna tenere presente le due possibilità di utilizzo delle unità. La formula è la stessa: I = V/R. Se usiamo 470 nella formula, il risultato ottenuto sarà espresso direttamente in milliAmpere, I = 1,5/470 = 0,00319 mA; se dividiamo questo valore per 1.000 il risultato ottenuto sarà in microAmpere, cioè, I = 3,19 μA. L'altro procedimento consiste nell'usare la resistenza in Ohm, cioè 470.000, in modo che il risultato sarà espresso in Ampere I = 1,5/470.000 = 0,00000319 A, valore che moltiplicato per 1.000 passerà a indicare milliAmpere, I = 0,00319, e che tornando a moltiplicare per 1.000 sarà 3,19 μA.

Questi calcoli sono molto semplici e risultano facilissimi se ci aiutiamo con una calcolatrice con le funzioni matematiche più elementari: somma, sottrazione, moltiplicazione e divisione. È consigliabile disegnare su un foglio di carta i circuiti di questi esempi e tornare a ripetere i calcoli. All'inizio bisogna stare molto attenti alle formule e alle unità, ma presto si acquisisce rapidità e i calcoli si fanno quasi senza pensare.

Voltmetro analogico. Questo modello si usa nel pannello frontale degli strumenti per ottenere un'indicazione di tensione.

Il diodo e il transistor

Il diodo semiconduttore e il transistor sono la base del grande avanzamento dell'elettronica attuale.

Prima che fossero utilizzati i semiconduttori l'elettronica aveva già molta importanza, in quei tempi si usavano le valvole a vuoto. Qualcuno ricorderà le grandi radio e anche le prime televisioni in bianco e nero degli anni '60. Le valvole a vuoto funzionavano bene, ma avevano un grosso inconveniente: la loro dimensione. Si arrivò a fabbricare valvole chiamate miniatura, benché la loro dimensione fosse sempre grande. Si conoscevano già i materiali semiconduttori, tuttavia non si erano ottenuti grandi risultati né applicazioni pratiche in elettronica.

Il primo materiale semiconduttore utilizzato per la fabbricazione industriale di transistor fu il germanio; molti ancora ricorderanno le capsule argentate dei transistor AC126 o AC188, che tuttavia è possibile trovare all'interno di qualche radio transistorizzata dei primi tempi. Attualmente il germanio non viene utilizzato per la fabbricazione dei transistor, ma per la fabbricazione dei diodi che si utilizzano negli apparecchi radio, come quelli della famiglia OA90. Il silicio è il materiale semiconduttore più usato per la fabbricazione dei transistor e dei circuiti integrati.

Diodo di germanio, la sua capsula trasparente permette di osservare il suo interno (dimensione reale 7 mm di lunghezza).

Il transistor ha tre zone che corrispondono al collettore, alla base e all'emettitore, in questo caso è del tipo NPN.

L'unione PN

Non si utilizzano materiali semiconduttori allo stato puro. A partire da un pezzo di materiale semiconduttore di uno straordinario grado di purezza, aggiungendo una piccola quantità di impurità tipo P e un'altra quantità tipo N, si ottiene un'unione PN. Gli effetti interni di corrente che si generano in questo dispositivo permettono la circolazione di corrente in un determinato senso, dall'anodo al catodo, dipendendo dalla tensione applicata negli estremi e dalla polarità.

Il diodo è formato da un pezzo di semiconduttore con una zona N e un'altra P, due terminali di collegamento e una capsula che lo protegge.

Il diodo

Il diodo è un dispositivo che conduce corrente in un determinato senso, ma perché questo succeda bisogna superare una certa tensione, denominata corrente di soglia, al di sotto della quale non si ha conduttività.

La tensione di soglia di un diodo di germanio è di 0,2 V; questi diodi sono utilizzati per correnti molto piccole. Per il silicio la soglia è di 0,6 V; ci sono diodi di silicio di vari tipi, i rettificatori della famiglia 1N4000 conducono correnti fino a 1 Ampere, ma possono condurre picchi di corrente molto più elevati per brevi istanti. Oggi disponiamo di diodi che conducono migliaia di Ampere. Il diodo semiconduttore è formato da un'unione PN, i corrispondenti terminali collegati a que-

ste zone e una capsula di protezione.

Gli inizi

La grande avanzata dell'elettronica moderna cominciò nell'anno 1947, quando i ricercatori Bardeen e Brattain fecero conoscere i loro studi sul transistor, dispositivo semiconduttore che permetteva l'amplificazione dei segnali elettrici, con il vantaggio che funzionava con tensioni continue molto basse e scarsa temperatura. Ben presto si fecero passi da gigante e cominciò la grande carriera dell'elettronica moderna, i transistor divennero molto piccoli e si passò alla fabbricazione di circuiti integrati.

Dettaglio molto ingrandito di un transistor di potenza, il 2N3055. In questo caso si è ritirata la capsula di protezione. La dimensione del chip è di circa 5x5 mm.

Altro avanzamento parallelo fu quello dei computer, sui quali già c'erano teorie molto avanzate, ma l'hardware era rimasto alle valvole e non progrediva. La dimensione del transistor ha permesso la fabbricazione dei primi computer di dimensioni ragionevoli, quelli che via via incorporavano costantemente nuove tecnologie e materiali, fino a ottenere i potenti computer attuali. Il computer che si utilizza oggi nelle case era impensabile fino a mezzo secolo fa.

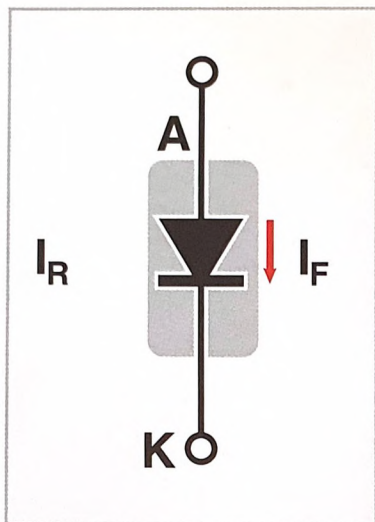
Il transistor

Tutti i transistor hanno la stessa costituzione di base, due unioni PN, disposte in una forma che consta di due zone tipo N separate da una zona stretta tipo P, per cui avremo un transistor tipo NPN, o due zone tipo P separate da una zona, altrettanto stretta, tipo N, in questo caso abbiamo un transistor PNP. Benché di base siano uguali, il senso di circolazione di corrente negli stessi è opposto e i circuiti dove vengono utilizzati sono diversi. Il transistor è parte di qualsiasi dispositivo elettronico attuale, sia in modo individuale che facendo parte di circuiti integrati. Esiste una gran varietà di transistor: di bassa, media e grande potenza, per utilizzazione in bassa frequenza, microonde, radiofrequenza eccetera. Questo tipo di transistor è chiamato bipolare, benché ci siano altri dispositivi simili che hanno altri nomi che conosceremo poco a poco.

Cambiando il tipo di zona si ottiene l'altro tipo di transistor, PNP.

I circuiti integrati

I circuiti integrati devono il loro nome al fatto che integrano una gran quantità di transistor. Il grado di integrazione di un circuito integrato si misura dalla quantità di transistor che incorpora, e non sono solo tre o quattro, possono essere migliaia. Basta pensare a un microprocessore Pentium o a una memoria di un com-

Il diodo e il transistor

Corrente del diodo, in diretto IF e in inverso IR.

puter, di transistor se ne trovano a decine di migliaia.

Il chip

Per costruire transistor, o circuiti integrati, dobbiamo disporre di silicio di straordinaria purezza. Il silicio depurato ha forma cilindrica di circa 5 cm di diametro; prima di iniziare la diffusione sulle impurità di tipo P o tipo N si taglia in piccole rondelle. Su ogni rondella, prima di tagliarla, si formano diversi transistor o circuiti integrati, applicando successivi strati di impurità, ossidazioni o metallizzazioni.

Una volta finalizzato il procedimento si inizia a tagliare a pezzi, per separare ogni transistor o circuito integrato. A ognuno di questi frammenti si dà il nome di "chip", perché è un pezzo piccolo di materiale, che poi dobbiamo attaccare a un supporto e collegare ai terminali, tre nel caso di transistor, molti di più se si tratta di un circuito integrato. Già ci appare chiaro che la parola chip si applica al pezzo di silicio che forma il "cuore" di un semplice transistor, o quello di un sofisticato circuito integrato, che può raggiungere una dimensione abbastanza grande.

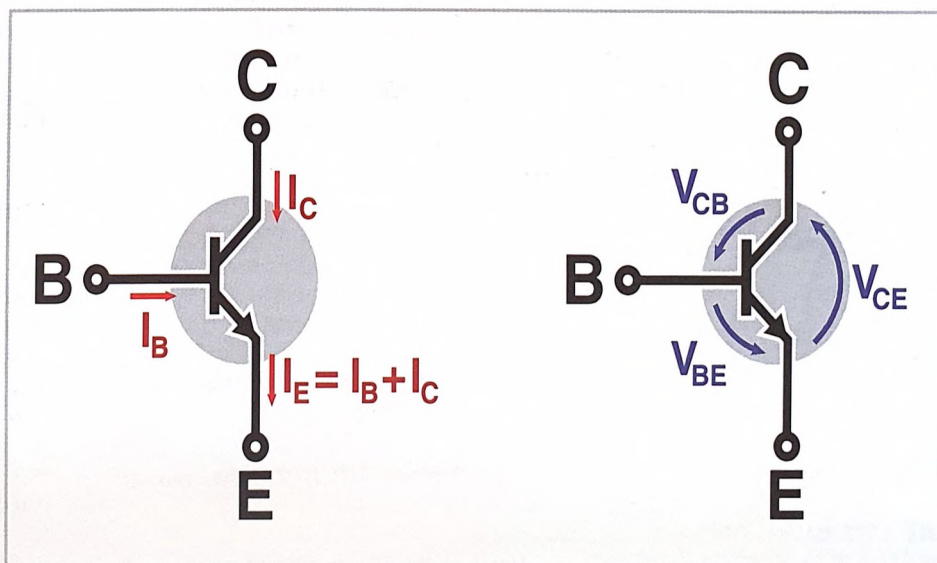
L'interno

Il materiale base da cui si parte è una porzione della rondella di silicio, sopra la quale si costruiscono molti transistor uguali. Sopra questi si applicano delle maschere molto precise, che lasciano delle aperture corrispondenti ai collettori dei transistor, e che si introducono in un forno a diffusione ad alte temperature, dove si realizza una diffusione di impurità tipo N, con cui si forma la zona del collettore del transistor. In seguito si applica una maschera più stretta, si introduce nel forno e si applicano le impurità di tipo P, ma queste penetreranno poco nel materiale. Si torna a ripetere il procedimento ma con una maschera più chiusa e si diffondono di nuovo impurità del tipo N.

In seguito si applica una maschera di metallizzazione e si diffonde alluminio, creando una zona di metallizzazione per i terminali. L'unione PN collettore/base è il limite della zona N che forma il collettore e P che forma la base. Questa superficie è molto più grande dell'unione PN che forma la base con l'emettitore.

Le capsule

Le capsule dei transistor hanno lo scopo di sostenere i terminali e il chip semiconduttore; l'unione fra i due si realizza con finissimo filo d'oro o altro materiale conduttore.

Questa capsula, soprattutto quando si tratta di transistor di

Tensioni e corrente in un transistor NPN.

Il diodo e il transistor

potenza, ha una dimensione elevata ed è metallica per favorire la dispersione del calore generato nel chip semiconduttore, ed è anche provvista di fori per sostenersi a diffusori di alluminio di grandi dimensioni.

I circuiti integrati hanno un gran numero di transistor al loro interno.

Potenza

Benché lo studio dettagliato del transistor possa riempire pagine e pagine, spieghiamo in dettaglio solo il funzionamento di base del transistor come amplificatore di corrente. Se abbiamo un transistor NPN possiamo applicare una tensione fra il collettore e l'emettitore, intercalando una resistenza fra il collettore del transistor e il positivo di alimentazione, collegando l'emettitore al negativo di questa alimentazione. Realizzato questo si può misurare la corrente e verificare che è nulla.

Tuttavia, se applicassimo una corrente di base vedremmo che comincia a circolare corrente attraverso il collettore, ma la corrente di base è molto piccola e quella del collettore è molto più grande. Se applichiamo una piccola corrente alla base, la stessa compare nel collettore, ma amplificata, ed esiste una certa proporzionalità che chiamiamo ß. Questa ß (o beta) è il fattore di amplificazione del transistor, che dipende dal tipo di questo e dalla corrente del collettore, e che diminuisce all'aumentare della corrente del collettore.

I piccoli transistor di uso corrente hanno un ß di 200, con circa 10 mA di corrente del collettore; per transistor di potenza si può abbassare il ß fino a 10 quando la corrente raggiunge vari Ampere. Per ottenere valori molto alti, la larghezza della base deve essere la più piccola possibile. Quello detto fino ad ora è valido per transistor NPN.

Nei transistor PNP succede lo stesso, ma in questo caso il negativo dell'alimentazione si collega al collettore.

Distribuzione di terminali di transistor di uso corrente.

Il condensatore

Il condensatore accumula energia sulle sue superfici

Il condensatore immagazzina energia elettrica in modo molto veloce, e può anche rilasciarla molto velocemente. La prima cosa che possiamo pensare è che un condensatore sia uguale a una pila, vediamo rapidamente la principale differenza. La pila si carica e scarica molto lentamente, al contrario di quello che succede al condensatore. Questo è dovuto al suo principio di funzionamento, mentre il condensatore si "carica" per effetto dello spostamento di cariche elettriche al suo interno, nella pila deve avvenire una reazione chimica interna.

La capacità è direttamente proporzionale alla superficie delle piastre del condensatore e inversamente proporzionale alla distanza fra entrambe.

Due piastre

Il condensatore più elementare consiste in due piastre di materiale conduttore piane e situate vicine fra loro, ma che non si toccano, separate dall'aria, che non è conduttore. Se applichiamo una tensione continua fra queste piastre, cioè, il polo positivo a una e il polo negativo all'altra, si produrrà una distribuzione di cariche, in modo che gli elettroni della piastra negativa creino un campo negativo sull'altra piastra e gli elettroni della stessa si muovano fino al positivo, generando in questo modo una corrente elettrica. Questa corrente è molto forte quando iniziamo ad applicare la tensione, divenendo molto lenta alla fine, quando il condensatore è caricato completamente. Per questo trasporto di elettroni, che hanno originato la carica del condensatore, abbiamo dovuto applicare una certa energia, che rimarrà immagazzinata, anche se togliamo la tensione che abbiamo utilizzato per produrla. Una volta carico, il condensatore può essere collegato a un amperometro intercalando una resistenza, vedremo così circolazione di corrente, il che dimostra che il condensatore ha immagazzinato una certa quantità di energia.

Un condensatore con dielettrico di poliestere aperto e l'altro ricoperto

Il condensatore piano

Per studiare il condensatore se ne usa uno piano, che consiste in piastre conduttrici uguali e perfettamente piane, situate a distanza ravvicinata, anche se non si toccano. La superficie di ogni piastra si rappresenta con la lettera S e la distanza fra le due con la lettera d. Esiste una formula che stabilisce la proporzionalità fra la capacità, le dimensioni delle piastre e la distanza fra entrambe. La formula è la seguente:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

essendo ε una costante di proporzionalità che dipende dal materiale non conduttore che esiste fra le piastre, che può essere aria, mica, ceramica, carta, plastica, eccetera.

Tensione massima

La tensione massima di utilizzazione di un condensatore dipende dalla vicinanza delle piastre e dal dielettrico che si interpone fra queste. La tensione ap-

Il condensatore

plicata fra le piastre si può aumentare fino al punto da produrre un arco elettrico fra entrambe, a questo punto si dice che il condensatore è perforato. Si usa la parola "perforato" perché quello che succede normalmente è la perforazione del dielettrico. La tensione di utilizzazione deve essere abbastanza inferiore a quella di perforazione, perché bisogna disporre di un margine di sicurezza.

Per diminuire le dimensioni del condensatore, si arrotolano in forma di cilindro le due piastre e il dielettrico che le separa. 1 piastra conduttrice metallizzata, 2 dielettrici.

Le dimensioni

Paragoniamo due condensatori della stessa tecnologia, prendiamo ad esempio due condensatori elettrolitici di gran capacità, per esempio 1.000 μF, ma uno di questi progettato per una tensione massima di 25 V e l'altro di 100 V. La prima e quasi unica differenza che osserviamo è la dimensione. Se utilizziamo uno qualsiasi di questi in una parte del circuito in cui la tensione applicata fra i terminali sia, per esempio, di 16 V, potremo scambiarli senza notare alcun cambiamento dal punto di vista del funzionamento del circuito. Però se vogliamo fare la prova, cosa che raccomandiamo di non fare, in una parte del circuito alimentato a 60 V, colleghiamo un condensatore da 25V; può darsi che sopporti questa tensione per brevi istanti, e poi si perfori, pruducendo in alcuni casi anche una piccola esplosione.

La differenza di dimensione è dovuta principalmente alla necessità di separare di più le due piastre. Aumentando lo spessore del dielettrico, si produce un aumento di dimensione, ma all'aumento della distanza diminuisce la capacità, per cui è necessario avere due piastre più grandi in questo tipo di condensatore, aumentando i giri di avvolgimento e lo spessore del dielettrico, il che si traduce in un considerevole aumento di dimensione. Abbiamo fatto l'esempio del condensatore elettrolitico, però questo succede con ogni tipo di condensatore.

Condensatore elettrolitico smontato, si può vedere l'arrotolamento interno.

Condensatori polarizzati

L'utilizzo di condensatori polarizzati esige di stare molto attenti per quanto riguarda il collegamento al circuito. Quando un condensatore si collega in una parte di un circuito, uno dei suoi terminali ha di solito una tensione maggiore dell'altro, ed è proprio a questo terminale che si collegherà il terminale positivo del condensatore. Sarebbe più comodo utilizzare condensatori polarizzati,

Il condensatore

Condensatore multistrato. Alcuni fabbricanti usano questa tecnologia per costruire condensatori con dielettrico in plastica. 1 dielettrico, 2 piastre conduttrici.

per esempio elettrolitici in alluminio e di tantalio, che hanno il vantaggio di avere una capacità molto elevata in un volume molto ridotto, il che è impossibile da raggiungere con i condensatori non polarizzati convenzionali. È possibile fabbricare condensatori elettrolitici non polarizzati, ma le loro dimensioni aumentano considerevolmente e in elettronica non sono più usati.

Dielettrico

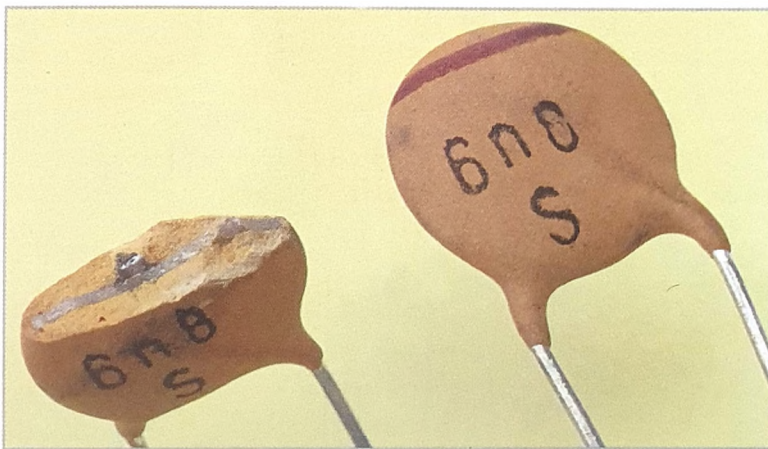
Il materiale non conduttore che si mette fra le piastre di un condensatore ha il nome di dielettrico. Le caratteristiche del dielettrico definiscono in gran misura quelle del condensatore.

Se il dielettrico è molto resistente alla perforazione, si può aumentare la tensione massima di utilizzo, se è sufficiente con uno spessore molto piccolo si potrà aumentare la capacità. Queste caratteristiche però non sono le uniche di cui dobbiamo tener conto. Una di queste, molto importante, è la variazione della capacità con la temperatura; pensiamo all'accensione elettronica dell'automobile, che deve funzionare a qualunque temperatura fra 70°C e -30°C. Se qualche elemento fondamentale dipende da un valore di capacità, questa non può subire grandi variazioni ai cambi di temperatura. Che cosa penseremmo se la nostra radio perdesse la sintonia con l'aumento della temperatura?

L'economia

Per ragioni di economia si deve usare il condensatore più economico, sempre che sia adatto ai requisiti del circuito. Può capitare che in un circuito si debbano inserire 20 condensatori, ma che solo uno di questi debba avere grande stabilità alla temperatura, mentre per gli altri è ammesso un certo margine. In tal caso, questo condensatore può essere scelto fra uno di mica o ceramico NP0, tuttavia gli altri possono essere elettrolitici o di poliestere di uso corrente. Questi due ultimi tipi, insieme a quelli ceramici, per valori molto bassi di capacità, sono i più economici.

Condensatori di plastica

In questa classifica si trovano moltissimi condensatori con dielettrico di stiroflex, policarbonato, teflon, poliestere eccetera. Vengono sviluppate continuamente nuove tecnologie che danno impulso alla fabbricazione di un modello o di un altro. Fra qualche anno i

I condensatori ceramici consistono in un pezzo di ceramica metallizzata su entrambe le facce.

condensatori di stiroflex si utilizzeranno molto diffusamente in circuiti di alta frequenza.

Condensatori di mica

Hanno un prezzo elevato, un buon comportamento in alta frequenza, sono molto stabili in capacità; qualche anno fa non potevano negli stadi a radiofrequenza e sono tutt'ora utilizzati. La loro tensione di rottura è molto elevata; si usano anche come protezione alle alte tensioni.

Condensatori di ceramica

Comprendono una grande varietà di tipi e forse sono quelli che si sono sviluppati maggiormente. Questi condensatori sopportano tensioni elevate, hanno una dimensione molto ridotta. Bisogna dar risalto ai modelli NP0, cioè di coefficiente di temperatura zero, vale a dire che la loro capacità varia con minimi incrementi di temperatura.

Condensatori variabili a aria

Questi condensatori sono utili per le riparazioni di radiofrequenza, dove si usano di solito quelli chiamati "trimmer", di piccola dimensione, e i condensatori di sintonia dei ricevitori convenzionali. Sono formati da due piastre poste una di fronte all'altra, una di queste è mobile e muovendosi varia la superficie contrapposta fra le piastre e quindi la capacità. Questo tipo di condensatori si utilizza sempre meno, specialmente dalla comparsa dei diodi varicap, che come vedremo più avanti, cambiano la loro capacità interna al variare della corrente che li attraversa.

La capacità di vari condensatori collegati in parallelo è la somma delle capacità degli stessi

Capacità in parallelo

Quando si collegano vari condensatori in parallelo, la capacità risultante è uguale alla somma aritmetica delle capacità dei condensatori che formano il gruppo.

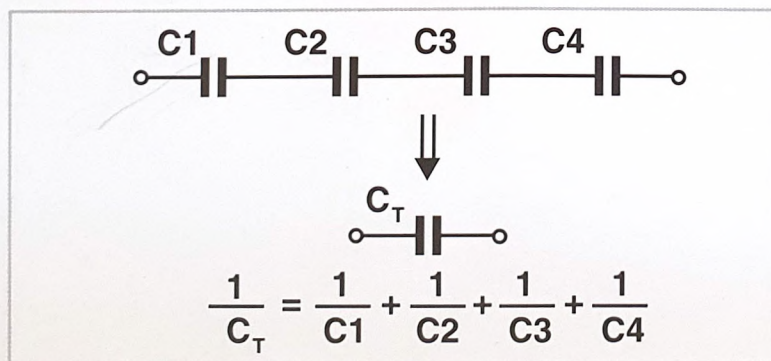
Questo tipo di disposizione è abbastanza frequente in condensatori disaccoppiati di alimentazione, dove si combinano vari condensatori per approfittare dei vantaggi degli uni e degli altri. La tensione massima di utilizzazione sarà quella del condensatore che abbia la tensione di lavoro più bassa, anche se, entro il margine di utilizzazione, si possono combinare diversi tipi di condensatori con differenti tensioni di lavoro.

Capacità in serie

È un tipo di collegamento che si usa poco, ma conviene comunque sapere quale risultato offre. Se colleghiamo in serie due condensatori uguali, la capacità del condensatore risultante è la metà di quella di uno di essi. Tuttavia, benché teoricamente sopportino una tensione doppia, non è possibile garantire che la ripartizione di tensione sia la stessa per entrambi i condensatori. Perciò non è raccomandabile usare questo collegamento per ottenere maggiori tensioni di utilizzazione.

C1 C2 C3 C4

C_T

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \frac{1}{C4}$$

Condensatori in serie. L'inverso della capacità totale è uguale alla somma degli inversi delle capacità individuali.

L'amplificatore operazionale

Questi circuiti si utilizzarono all'inizio per realizzare operazioni matematiche in calcolatori analogici.

Se chiedessimo a un ingegnere elettronico qual è l'elemento più importante, più utilizzato o più utile fra quelli che esistono attualmente, al di fuori evidentemente di quelli di base come resistenza, condensatore e transistor, probabilmente risponderebbe che sono gli amplificatori operazionali.

Lo sviluppo di questo tipo di amplificatori durante gli anni Sessanta, insieme alla grande avanzata della tecnologia nella fabbricazione dei circuiti integrati, ha ottenuto che, attualmente, abbiamo amplificatori operazionali con un gran margine di affidabilità, compatti e di facile utilizzo.

L'amplificatore operazionale, A.O., è alimentato normalmente da due tensioni simmetriche.

La storia

I primi amplificatori operazionali erano fabbricati con componenti discreti, valvole a vuoto, e si usavano nei calcolatori analogici; avevano una dimensione considerevole e il loro uso era limitato agli esperti in materia.

Questi calcolatori potevano realizzare operazioni matematiche di una certa complessità, benché non somigliassero per niente ai calcolatori attuali.

Con la comparsa del transistor si realizzarono alcuni apparecchi di dimensione più ridotta, finché arrivò la rivoluzione più importante con il circuito integrato mA702 di Fairchild, di aspetto e caratteristiche principali molto simili agli A.O. attuali. A parte il fatto che i calcolatori analogici non sono più usati e fanno parte della storia, l'amplificatore operazionale si utilizza in moltissime applicazioni, poiché le sue caratteristiche, specialmente la facilità a calcolare il suo guadagno, lo rendono idoneo per realizzare progetti con rapidità e sicurezza.

L'amplificatore differenziale è la base dell'amplificatore operazionale.

Hanno un ampio margine di tensione di alimentazione ed esistono una grande quantità di modelli diversi utilizzati per varie applicazioni; ciononostante, con i modelli di uso più frequente, e pertanto più economici, si risolvono quasi tutti i circuiti.

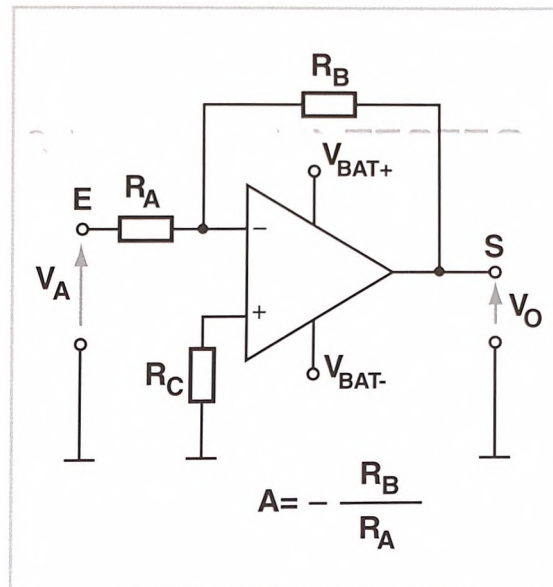
L'amplificatore differenziale

Per comprendere il funzionamento di un amplificatore operazionale bisogna descrivere prima quello di un amplificatore differenziale.

La sua principale funzione è di amplificare la differenza fra due segnali applicati ad ognuna delle sue entrate. Si potrebbe applicare la seguente formula:

$$V_O = A(V_A - V_B)$$

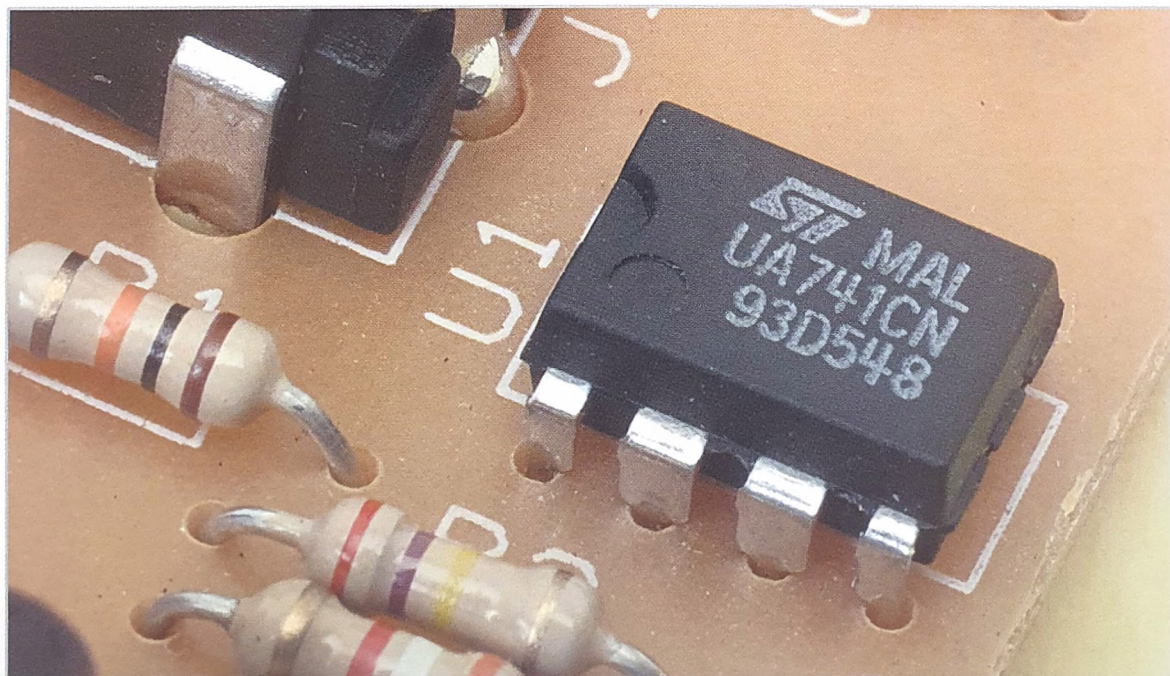
dove V_A e V_B sono le tensioni esistenti in ognuna delle entrate e V_O è la tensione all'uscita

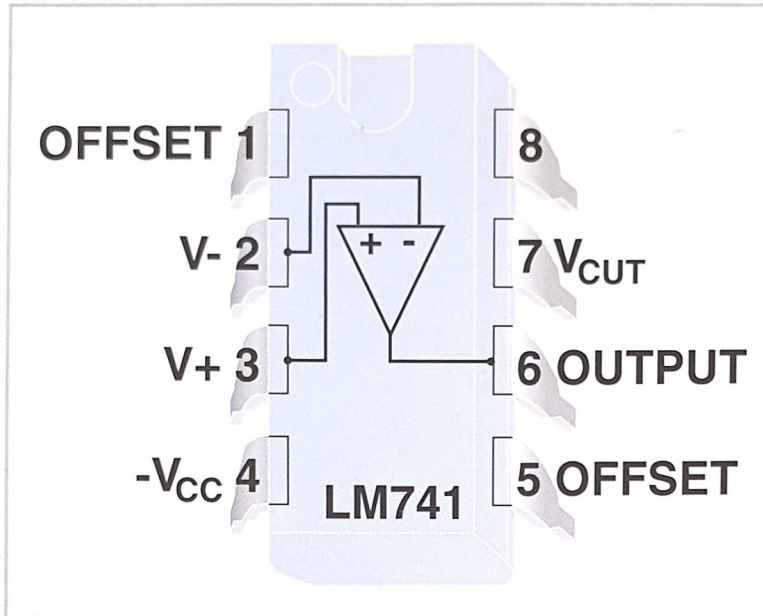
Amplificatore operazionale configurato come amplificatore non invertitore.

Amplificatore invertitore costruito con un amplificatore operazionale.

dell'amplificatore. Nel caso in cui il segnale applicato a entrambe le entrate sia esattamente uguale, l'uscita sarebbe nulla. Tuttavia, se sono segnali diversi, ma con qualche componente comune, questi ultimi saranno eliminati o attenuati.

La lettera A indica il guadagno o il fattore di amplificazione.

L'A.O.

L'amplificatore operazionale si rappresenta con A.O. e il suo simbolo nei circuiti è un trian-

Gli amplificatori operazionali sono componenti di uso abituale in una gran quantità di circuiti.

L'amplificatore operazionale

Distribuzione dei terminali del circuito integrato 741.

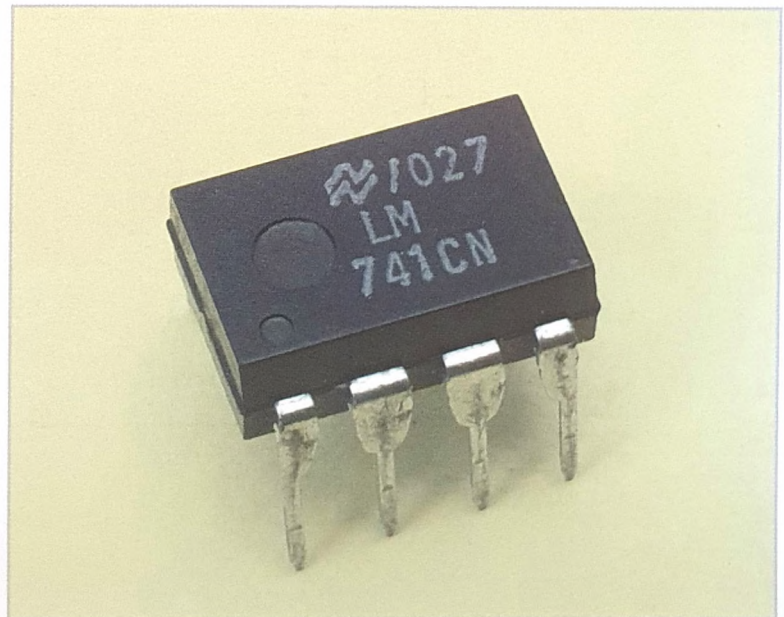
golo dal quale escono tre terminali come minimo. Questo non vuole dire che un amplificatore operazionale ha solo tre connessioni, ma che i suoi tre segnali principali (due per l'entrata e uno per l'uscita) sono quelli che si rappresentano.

Oltre a questi terminali principali, quello di collegamento di un amplificatore operazionale può anche avere terminali di compensazione per la risposta in frequenza e una rete di compensazione per la tensione continua che può essere presente all'entrata o all'uscita e, naturalmente, i terminali di alimentazione. I terminali di entrata dell'amplificatore operazionale sono differenti fra loro. Uno di essi corrisponde all'entrata invertitore e si indica con il segno "-" e l'altro, segnalato con "+", corrisponde all'entrata non invertitore. Questa denominazione si riferisce all'inversione di segno che l'uscita ha rispetto all'entrata.

Caratteristiche

L'amplificatore operazionale ideale ha guadagno infinito. In realtà non è così, ma è molto elevato, in tal modo, se alimentiamo l'amplificatore operazionale e applichiamo una tensione leggermente superiore all'altra, questa sarà quella che determina se l'uscita è positiva o negativa, avvicinandosi al massimo di alimentazione, positiva o negativa, supposto che gli A.O. funzionino con alimentazione simmetrica.

Se la tensione applicata all'entrata non invertitore è leggermente superiore a quella invertitore, quello che succede è che l'uscita è praticamente la tensione di alimentazione positiva. Tuttavia, se l'entrata invertitore è di maggior livello, anche l'uscita si avvicina al limite di tensione della fonte di alimentazione, però in questo caso a quella negativa. Questo sembra problematico, perché una piccola differenza di tensione può far sì che la tensione di uscita passi da un livello molto alto a uno molto basso, o viceversa.

Questo problema si risolve aggiungendo delle resistenze di controreazione al circuito, il che

Il circuito 741 è un classico nell'elettronica.

L'amplificatore operazionale

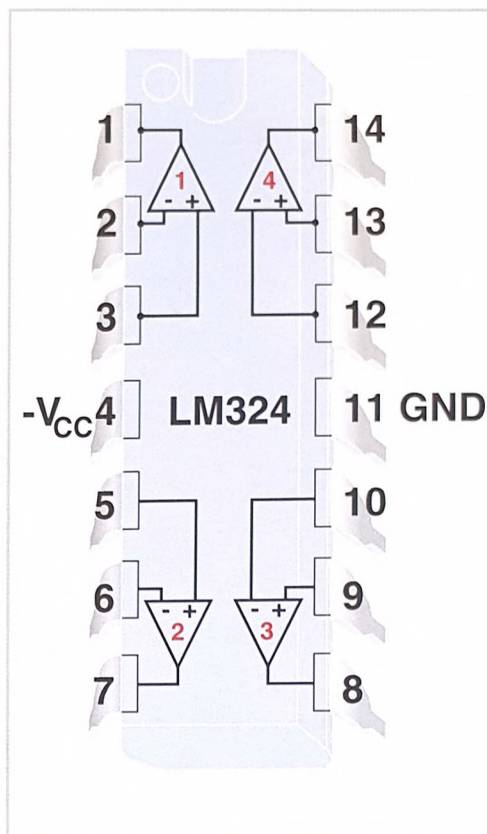
ci permette di controllare il guadagno dello stesso.

Amplificatore invertitore

Questo circuito utilizza come entrata quella invertitore dell'amplificatore operazionale. La resistenza di rialimentazione, rappresentata nel nostro schema con R_B, è collegata fra l'uscita e l'entrata invertitore; il suo compito è rialimentare parte del segnale dall'uscita all'entrata. Benché supponiamo che il guadagno dell'A.O. sia infinito, il circuito completo ha un guadagno perfettamente controllato dai valori delle resistenze R_A e R_B, essendo il valore di questo guadagno compreso fra la resistenza R_B e la R_A.

Il segno (-) indica inversione di polarità, cioè se il segnale applicato all'entrata è positivo, all'uscita ci sarà un segnale negativo, ma amplificato o viceversa. Se è un segnale alternato l'inversione si noterà appena. La resistenza R_C ha poca importanza nel funzionamento, di solito si utilizza un valore vicino al parallelo delle altre due.

Amplificatore non invertitore

Anche questo amplificatore è controreazionato, ma non inverte la polarità del segnale di entrata. La resistenza di controreazione è R_C, e il suo guadagno si controlla perfettamente. In questo caso il guadagno si calcola dividendo il valore della resistenza R_C per quello della resistenza R_B e aggiungendo un'unità al risultato. Anche questo circuito è molto utilizzato.

Distribuzione dei terminali di un circuito integrato 324.

Il circuito integrato 324 contiene quattro amplificatori operazionali nel suo interno e si può utilizzare con alimentazione asimmetrica.

Incapsulati e presentazione

Le presentazioni più comuni sono la capsula di plastica DIL-8, che ha uno o due amplificatori al suo interno, e la capsula DIL-14 di solito usata per circuiti integrati che contengono quattro A.O. al loro interno.

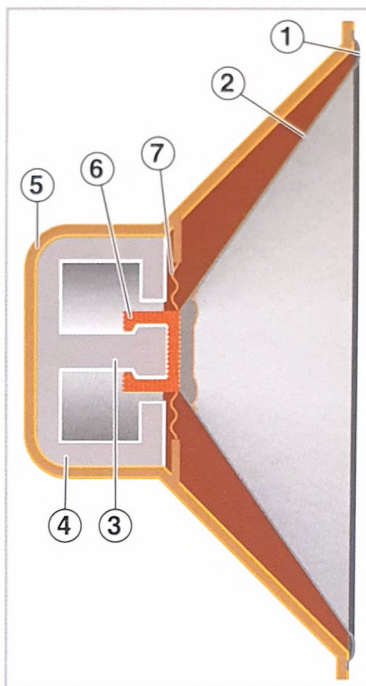
Ci sono molti tipi di capsule: metalliche, ceramiche e anche SMD, cioè per montaggio superficiale, ma il loro uso è più indicato nel campo professionale.

L'altoparlante dinamico

Attualmente, l'altoparlante dinamico è il più utilizzato per la conversione dei segnali elettrici in suono.

L'altoparlante dinamico è un trasduttore che converte l'energia elettrica ricevuta da una coppia di cavi in energia meccanica che muove le particelle d'aria e genera il suono. L'altoparlante consiste di una bobina unita a un cono rigido; la bobina, essendo collocata all'interno di un campo magnetico, quando viene attraversata dalla corrente si muove. Se la corrente contiene l'"informazione del suono" ed è sufficiente a spostare il cono, viene generato il suono.

Circuito magnetico

Il campo magnetico si origina grazie a un magnete permanente formato da materiali magnetici ad alta efficienza che formano il circuito magnetico. La parte non chiusa del circuito magnetico si chiama traferro ed è molto stretta. Tanto più è stretta, tanto maggiore sarà il rendimento dell'altoparlante, lasciando la possibilità alla bobina mobile di muoversi al suo interno.

Parti principali di un altoparlante:
1 – Anello elastico. 2 – Cono.
3 – Magnete.
4 – Estremità polari del magnete.
5 – Carcassa. 6 – Bobina mobile.
7 – Anello di centratura.

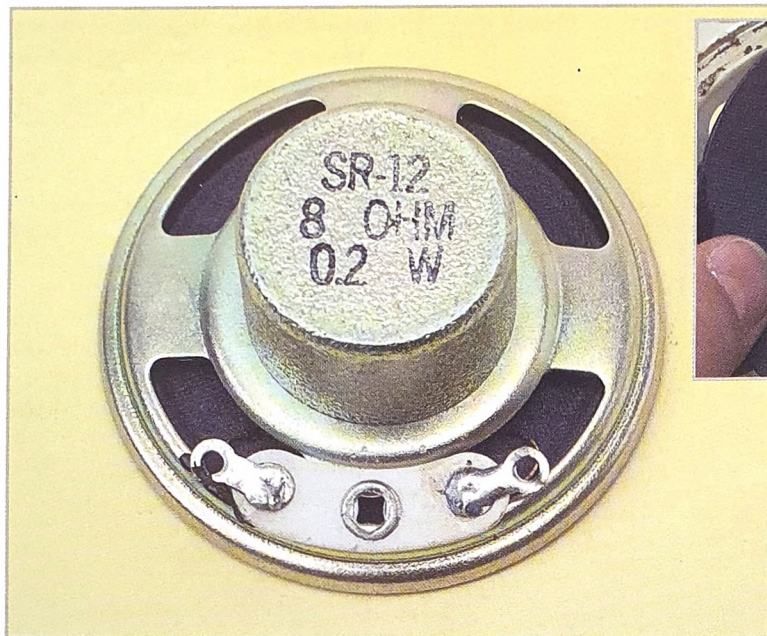
La carcassa

La carcassa è una intelaiatura che supporta tutte le parti componenti l'altoparlante. Deve essere rigida, così da sopportare il magnete e le sue estremità polari, l'anello elastico, l'anello di centratura e i contatti di connessione; si utilizza, inoltre, per fissare l'altoparlante alla cassa in cui lo si vuole installare.

Bobina mobile

Essa consta di varie spire di rame avvolte su un supporto di cartone avente la medesima forma del traferro: è una superficie cilindrica quasi perfetta. Le spire di rame sono avvicinate per occupare meno spazio. Le estremità della bobina sono collegate a due speciali cavi estremamente flessibili che si passano per il cono per poi essere saldati ai contatti della carcassa. I cavi sono fatti in un modo particolare per evitare che si rompano, essendo sottoposti a una continua vibrazione. La bobina si sposta all'interno del traferro, ma non può toccarne le pareti, perché se si verificasse questa eventualità, si produrrebbe un rumore molesto e l'altoparlante sarebbe inservibile. Quando si applica più potenza di quella consigliata all'altoparlante, si verifica un'avaria tipica e il supporto della bobina si deforma per surriscaldamento, o

Esiste una grande varietà di modelli e di dimensioni negli altoparlanti dinamici.

L'altoparlante dinamico

All'esterno della cassa, o sul magnete, sono riportate le principali caratteristiche dell'altoparlante: impedenza e potenza.

Lo spostamento del cono dell'altoparlante genera le onde sonore.

si separano le spire e toccano le pareti del traferro.

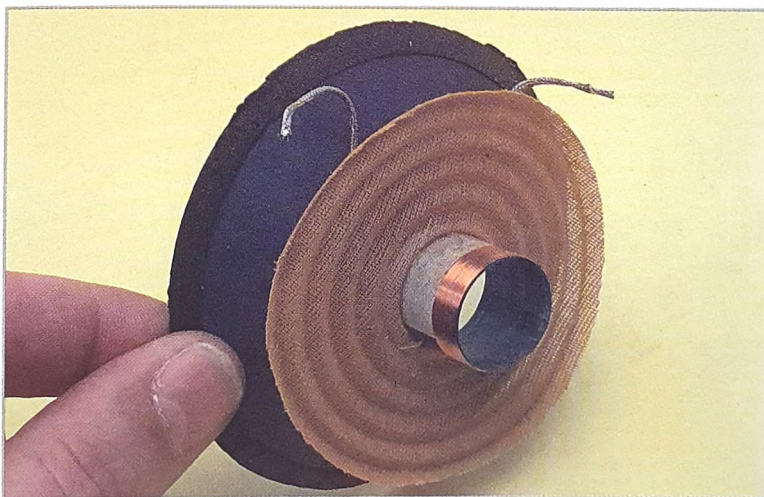
Anello di centratura

All'interno del traferro, la bobina mobile può mantenersi la propria centratura rispetto al traferro grazie a un anello che può avere forme diverse a seconda del tipo di altoparlante. L'anello è difficilmente visibile dato che è posto sotto il cono; deve essere fatto con materiale plastico, così da consentire lo spostamento verticale, ma non laterale, del cono.

Anello elastico

Il cono dell'altoparlante si adatta con la sua parte più stretta all'anello di centratura, e con quella più larga all'anello elastico, che mantiene il cono centrato, anche se ne deve permettere il movimento. Alle frequenze minori, gli spostamenti sono maggiori. All'estremità inferiore del cono, chiudendo la bobina con la sua parte interna e occupando esattamente il centro dell'altoparlante, c'è un coperchio che chiude lo spazio interno della bobina e si muove unitamente al cono che, spostandosi, produce il suono. Esso, inoltre, impedisce che la polvere penetri nella stretta separazione tra la bobina e il traferro: quest'ultima sarebbe nociva all'altoparlante.

Casse acustiche

Se a un altoparlante in aria libera, cioè non posto su nessun pannello o in nessuna cassa, applichiamo un segnale elettrico contenente un'informazione sonora, il suo cono vibra in maniera tale da produrre un'onda sonora. Ma, oltre a muovere l'aria davanti al cono, muove simmetricamente anche

Altoparlante smontato: vediamo la bobina mobile, il cono e l'anello di centratura.

L'altoparlante dinamico

Il magnete è dietro la carcassa, in alcuni casi può essere ricoperto. Alla carcassa vanno fissati i terminali di connessione.

l'aria dietro producendo un'onda sonora frontale e un'onda sonora posteriore dello stesso valore. Le onde, che hanno differenti fasi e possono arrivare a cancellarsi o a sommarsi, dopo vari "rimbalzi" giungono all'orecchio con ritardi differenti. Il suono emesso da un altoparlante in aria libera, anche se è un altoparlante per toni bassi, è strano: ci si può facilmente accorgere a orecchio che mancano le frequenze basse, benché il segnale elettrico le generi.

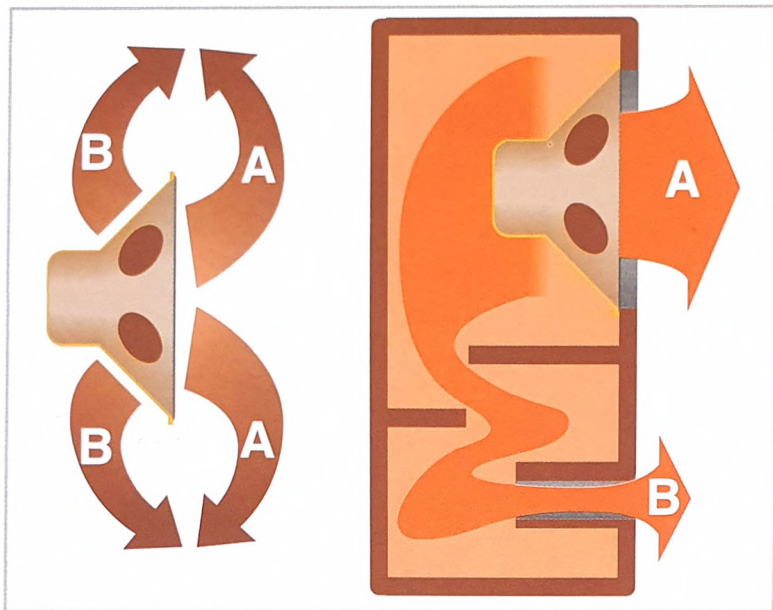
Esperimento

Se scegliamo un piccolo altoparlante, approssimativamente di 5 cm di diametro, gli colleghiamo un cavo e lo eccitiamo con l'uscita di un ricevitore di una radio portatile o di un walkman, ci rendiamo conto che il suono è molto acuto. Basta coprire nuovamente la sua parte posteriore con una latta o con un contenitore qualsiasi e il suono migliora visibilmente, rendendo più udibili anche le frequenze più basse.

I bassi

Anche se utilizziamo un altoparlante per bassi, chiamato Woofer, il suono riprodotto non sarà ottimale, a meno di non utilizzare una cassa acustica, o baffle, perché sebbene l'altoparlante riproduce egregiamente le frequenze basse, l'onda frontale e quella posteriore si eliminano tra loro. Questi altoparlanti sono di grandi dimensioni. Solitamente, le dimensioni di un altoparlante sono multipli di pollice, dove il pollice è approssimativamente di 25,4 millimetri. Gli altoparlanti per bassi hanno solitamente 6 pollici di diametro.

La bobina mobile si sposta all'interno del traferro quando viene eccitata da un segnale.

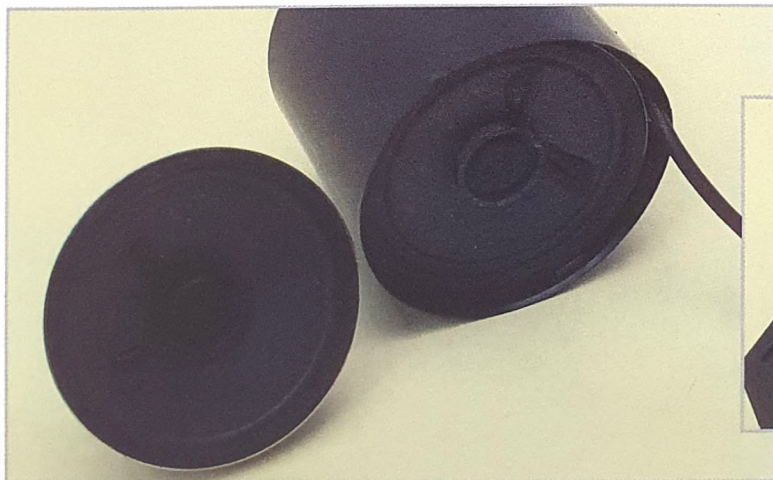
Anche la carcassa supporta le estremità polari del magnete; il circuito magnetico ne risulta interrotto da una stretta fessura che si chiama traferro.

L'altoparlante ha bisogno di una cassa acustica per evitare che l'onda anteriore e quella posteriore si elidano.

Il baffle

È il nome che viene dato alle casse acustiche. La prima soluzione al problema consiste nel situare l'altoparlante in modo che dietro ci sia una parete infinita, in maniera tale che l'onda posteriore e quella frontale non possano mai incontrarsi e, quindi, cancellarsi; tuttavia questa soluzione non risulta pratica. Esistono due tipi di baffle: uno è quello ermetico, in cui la cassa risulta completamente chiusa e gli altoparlanti stanno in sospensione pneumatica; nell'altro, il movimento della membrana dell'altoparlante, essendo compressa dall'aria, si frena. Gli altoparlanti per questo tipo di baffle si rompono se si utilizzano in baffles non ermetici.

C'è anche un altro tipo di cassa aperta, in cui l'onda posteriore viene fatta viaggiare attraverso un labirinto, cosicché quando esce dal pannello frontale si somma all'onda frontale. Questo tipo di baffle, però, è più complesso da un punto di vista progettuale, ma consente di sfruttare maggiormente la potenza acustica generata dall'altoparlante.

Gli acuti

Generalmente gli altoparlanti che riproducono note acute hanno dimensioni ridotte e, per generare un buon suono, non hanno bisogno di una cassa acustica. Gli altoparlanti correnti solitamente abbracciano tutta la gamma audio, anche se di solito non riescono a riprodurre bene le frequenze più acute e più basse. Di norma si combinano altoparlanti di diverso tipo in modo da riprodurre al meglio tutta la gamma di frequenze audio.

L'effetto di questa semplicissima cassa acustica si percepisce facilmente anche senza un'esperienza specifica.

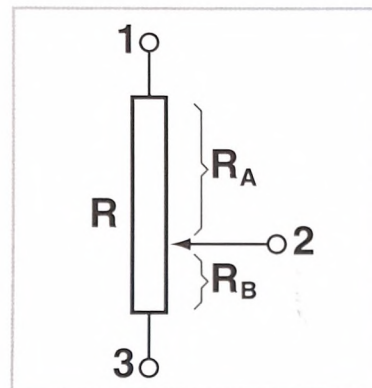
Per riprodurre le note basse, si ha bisogno di una cassa acustica adeguata all'altoparlante utilizzato.

I potenziometri

Un modo per conoscere il valore di una resistenza da misurare.

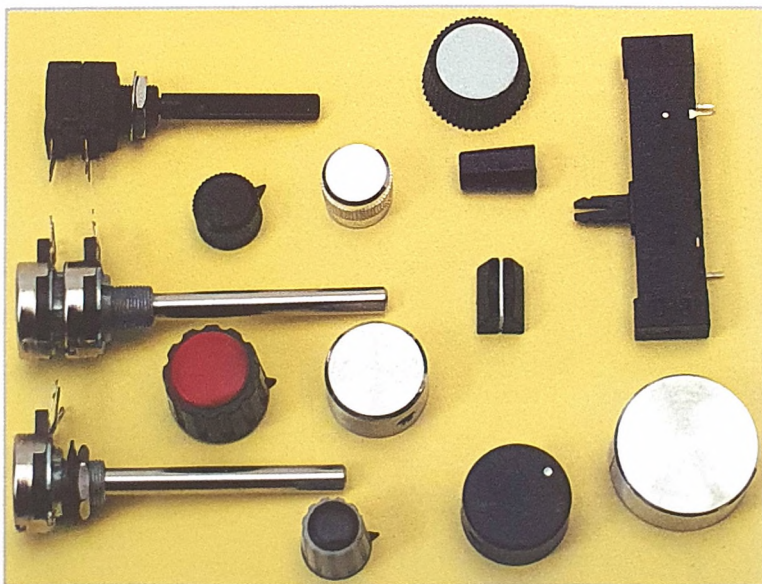
I circuiti devono rispettare sia le normative tecniche sia quelle amministrative, tuttavia la tolleranza dei componenti può provocare delle anomalie concernenti i dati che ci si potrebbero aspettare dalle previsioni teoriche. D'altra parte, salvo eccezioni, non è produttivo utilizzare per la fabbricazione componenti che rispecchino esattamente i valori del progetto. Di maggiore praticità, nonché economico, è l'utilizzo di componenti che, anche se di buona qualità, hanno una tolleranza conosciuta definita rispetto ai propri valori. I potenziometri sono estremamente utili per la regolazione di circuiti elettronici. Può succedere che nel corso del normale funzionamento di un circuito, si vogliano cambiare uno o più parametri: in questo caso, ad esempio nel comando del volume di uno stadio amplificatore audio, è necessario variare con una certa frequenza questi parametri. La diversità esistente tra i modelli dei potenziometri si deve alla loro notevole quantità di applicazioni.

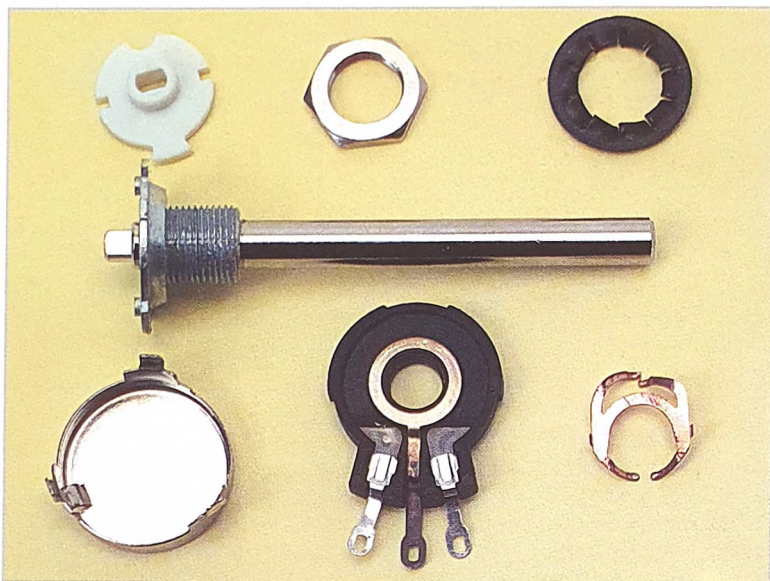
Definizione

Il potenziometro è una resistenza i cui estremi si collegano ai relativi terminali, che dispone di un terzo terminale, il quale può venire collegato a qualsiasi punto intermedio, è mobile e si chiama cursore. Si può dire che un potenziometro altro non è se non l'insieme di due resistenze collegate in serie, $R_A + R_B$, in cui il loro punto di unione è la connessione del cursore, o terminale centrale del potenziometro. Una delle applicazioni più importanti del potenziometro è il suo utilizzo come divisore di tensione, di modo che la tensione di uscita Vs e la tensione d'entrata V_E siano in relazione fra loro come nella seguente formula: $V_S = V_E * R_B/R$, dove R è la resistenza totale del potenziometro

I potenziometri sono dotati, come minimo, di tre terminali: due corrispondono agli estremi della resistenza, mentre il terzo è collegato, a seconda della posizione del cursore, in un punto intermedio tra gli estremi.

e R_B è la resistenza tra un estremo e il cursore, precisamente tra l'estremo e il cursore in cui si misura Vs.

Potenziometri a pannello

I potenziometri a pannello sono posti, in genere, sul pannello frontale dei gruppi, il loro asse ne fuoriesce e ha il compito di consentire una comoda manipolazione. Hanno una carcassa filettata che facilita il loro inserimento nell'apparecchiatura e sono fissati per mezzo di un dado e di una rondella dentata, così da evitare che per effetto del movimento assiale possano ruotare su se stessi. Una delle loro caratteristiche più importanti è che devono sopportare tantissime manipolazioni senza che il loro funzionamento ne soffra. Tutti i loro elementi meccanici devono essere robusti, il materiale resistivo e il cursore che vi scorre sopra devono essere molto resistenti alle eventuali rigature per evitare che si logorino tra di loro a causa dell'attrito e della polvere.

I potenziometri a pannello vengono utilizzati per controllare una serie di parametri all'interno degli apparati. L'asse di comando viene poi tagliato su misura della manopola impiegata.

I potenziometri

Potenziometro a pannello: parti che lo compongono.

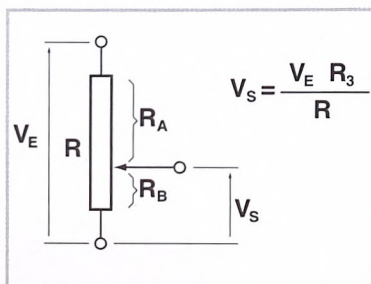
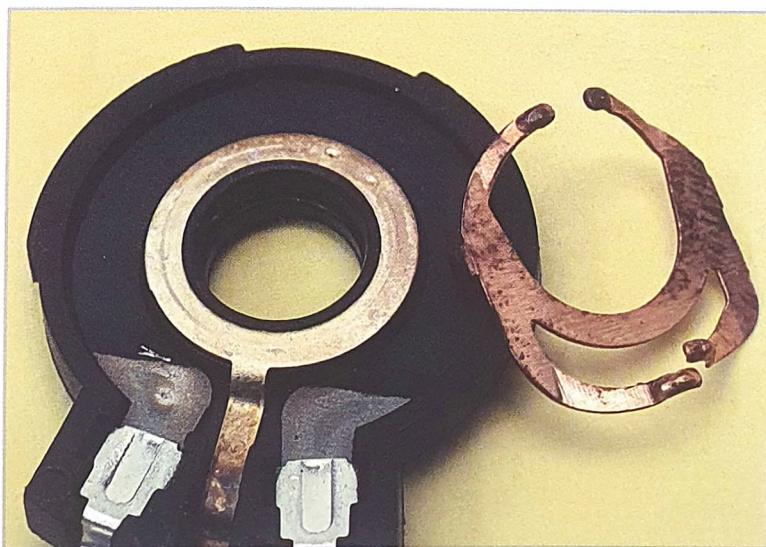
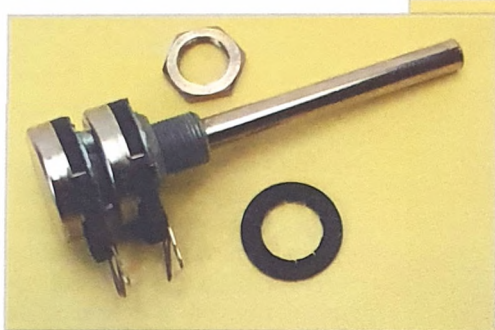
Il cursore, per mantenere il contatto con la resistenza e con la parte interna del contatto centrale, deve avere una molla e, infine, deve essere chiuso per evitare che polvere o sporco si accumulino all'interno e si interpongano tra il contatto scorrevole e la pista di materiale resistivo.

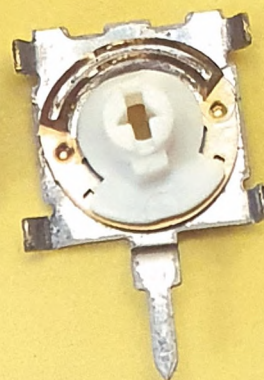
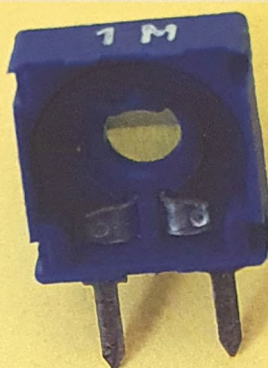
I potenziometri vengono comunemente utilizzati come comando del volume degli amplificatori audio, per dividere la tensione che il preamplificatore eroga, applicando così solamente una parte di segnale allo stadio di potenza regolando così la potenza erogata agli altoparlanti.

Gli assi

I potenziometri più usati sono rotativi: hanno un'escursione di circa 270°. L'asse viene impiegato per azionare il cursore e deve essere isolato da esso; deve disporre di un dispositivo che, anche se consente di farlo girare dolcemente, lo mantiene in posizione corretta sotto la carcassa, per evitare che si muova. Normalmente questo dispositivo è una rondella di gomma trattata con lubrificante la quale impedisce che la sporcizia penetri attraverso l'asse all'interno del gruppo. Possono esserci diversi tipi di assi, ma i più comuni sono di metallo o di plastica, che viene poi tagliato a seconda della posizione in cui viene inserito e a seconda della manopola utilizzata.

Il valore nominale

Il dato del potenziometro che viene fornito è il suo valore nominale, è, cioè, il valore della resistenza misurata tra i contatti estremi. I valori più utilizzati sono multipli di 1, di 2,2 o di 4,7 ma si può usare anche un altro tipo che ha multipli di 1, di 2,5 e di 5. Sono i valori che si possono incontrare facilmente nelle liste dei componenti.

L'utilizzo come divisore di tensione è una delle applicazioni del potenziometro.

La resistenza e il cursore che vi scorre sopra, collegato al terminale centrale, sono i principali componenti del potenziometro.

I potenziometri

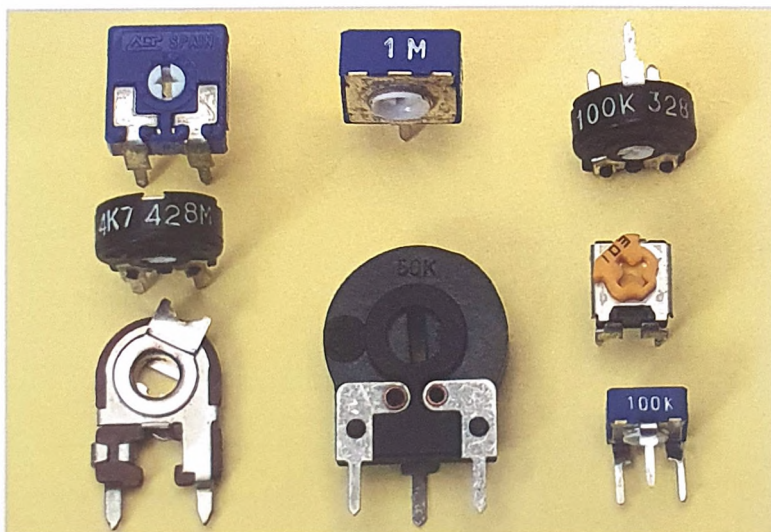
Potenziometro doppio. In realtà si tratta di due potenziometri i cui cursori vengono azionati simultaneamente.

Il potenziometro semifisso ha la funzione di quello a pannello; è necessario, però, impiegare un utensile per spostarne il cursore.

Potenziometri semifissi

I potenziometri semifissi vengono inseriti all'interno dei circuiti e vengono normalmente utilizzati per la taratura; effettuata tale operazione, si fissa solitamente il cursore con una goccia di cera, o di smalto, per evitare che la regolazione appena eseguita cambi valore. Da un punto di vista meccanico non sono molto resistenti, anche se devono essere in grado di sopportare almeno una ventina di manipolazioni. Sono di dimensioni ridotte e, in genere, i loro terminali si inseriscono nei circuiti stampati, anche se esiste una notevole varietà di modelli con terminali di connessione per montaggi di superficie.

Potenziometri doppi

In alcuni apparati, come negli amplificatori stereo, è necessario agire simultaneamente sul comando di volume di entrambi gli amplificatori.

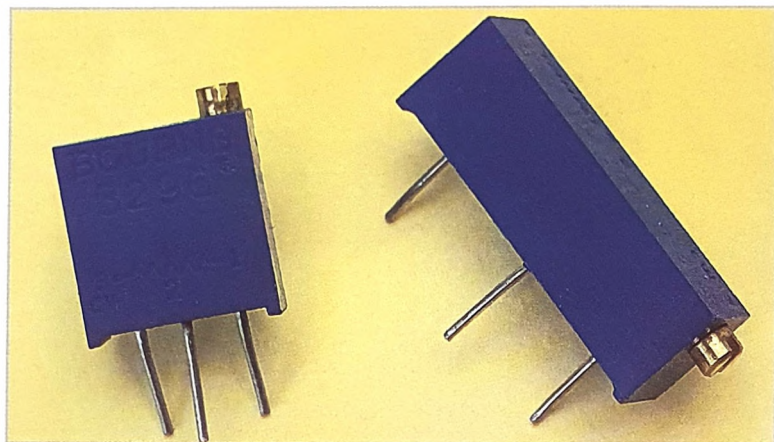
Esistono sistemi elettronici che, con un solo potenziometro, consentono il controllo simultaneo di vari canali. Fino a pochi anni fa veniva utilizzato un unico comando per ogni canale e sono ancora molti i circuiti che usano questo sistema. Il potenziometro doppio consiste di due potenziometri indipendenti azionati da un asse comune.

I potenziometri semifissi sono utilissimi per la taratura dei circuiti, perché consentono una variazione continua all'interno di un determinato margine della resistenza.

Potenziometri multigiro

Questo tipo di potenziometro si utilizza quando è necessario posizionare il cursore con molta precisione e molto lentamente in modo da portare a termine una regolazione precisa. Ha una grande qualità meccanica, con una riduzione mediante una vite senza fine, la quale compie, solitamente 10 o 20 giri di asse prima che il cursore percorra tutta la resistenza.

Potenziometri lineari

I potenziometri vengono classificati a seconda del modo con cui,

I potenziometri

Se è necessaria una notevole precisione di regolazione, si utilizzano dispositivi multigiro che permettono un controllo molto preciso del movimento del cursore.

muovendo il cursore, variano la propria resistenza. Se la variazione è lineare si può utilizzare la seguente formula: $R = RN*a/b$, dove R è la resistenza del cursore tra il contatto del cursore e l'estremo della resistenza zero, RN è la resistenza nominale, 'b' è il giro massimo del cursore, che normalmente è una cifra intorno ai 270°, e 'a' è l'angolo percorso per arrivare alla suddetta posizione. Anche la seguente formula viene utilizzata in percentuale: $R = RN*A/100$, dove A è l'avanzamento, in percentuale, del contatto del cursore rispetto alla sua iniziale posizione.

Potenziometri logaritmici

Non tutti i potenziometri hanno una legge di variazione lineare; quelli che hanno una legge di variazione logaritmica positiva hanno una resistenza, in ciascun punto, data dalla seguente formula: $R = a \log(B + 1)$, dove 'a' è una costante che dipende dal tipo di materiale utilizzato per costruire la resistenza e B è la percentuale di spostamento del cursore. Lasciamo la formula agli appassionati di matematica: la cosa più importante è che, in questo tipo di potenziometro, la resistenza aumenta molto rapidamente all'inizio del giro del comando, mentre alla fine lo fa molto lentamente. Quando il cursore è circa al centro del suo percorso, si può misurare approssimativamente un 80% della resistenza. Esiste anche una legge di variazione logaritmica negativa che ha l'effetto contrario: all'inizio del giro, cioè, le variazioni della resistenza sono molto lente. La sua formula è la seguente: $R = \text{invlog}(B/A) + 1$. Questi potenziometri sono, generalmente, quasi tutti da pannello e vengono impiegati nelle applicazioni audio per compensare la risposta fisiologica dell'orecchio umano, che non è lineare.

Curve di variazione della resistenza in funzione dello spostamento del cursore.
A - Potenziometro lineare
B - Legge della variazione logaritmica negativa.
C - Legge della variazione logaritmica positiva.
D - Legge della variazione bilogaritmica. Questo modello è difficilmente reperibile.

I potenziometri a movimento lineare vengono utilizzati principalmente nei mixer.

La potenza elettrica

La potenza inutilizzata si converte in calore.

I circuiti elettrici assorbono energia e ne erogano una parte; la rimanente energia si converte in calore. Ci si avvantaggia di sempre maggior energia e le apparecchiature generano sempre meno calore, tuttavia, il calore prodotto, che sia poco o molto, deve essere dissipato per evitare che la temperatura dei componenti aumenti e pregiudichi il funzionamento dell'apparecchiatura oppure provochi qualche guasto.

L'inserimento dei radiatori facilita la dissipazione del calore.

Potenza consumata

La potenza consumata da un componente di un circuito si calcola moltiplicando la corrente che circola attraverso lo stesso componente per la tensione misurata tra i suoi terminali: P = V x I, dove P è la potenza, V la tensione e I l'intensità. Perché i calcoli siano corretti, la tensione verrà espressa in Volt, mentre la corrente verrà espressa in Ampère; il risultato sarà in Watt.

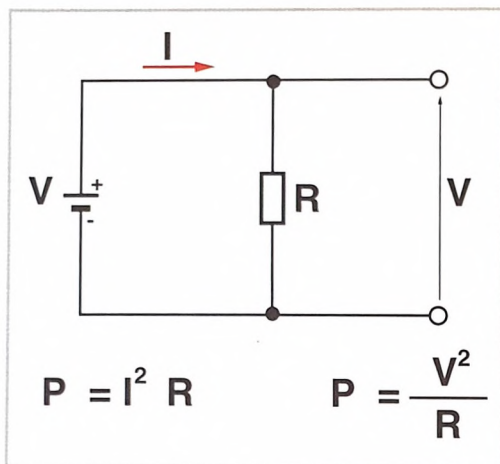
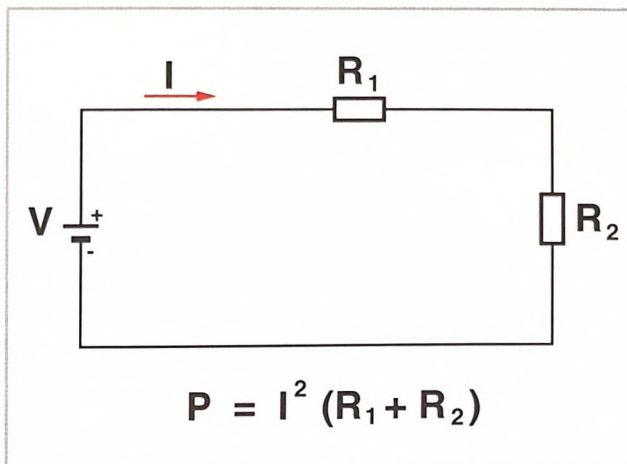
Unità

L'unità della potenza è il Watt, che si rappresenta con la lettera W. Questa unità esprime la potenza consumata che, normalmente, si trasforma in calore; ad esempio in una resistenza attraverso la quale circola una corrente di 1 A, dato che la differenza di potenziale tra i suoi terminali è di 1 Volt la potenza dissipata sarà di 1 Watt. L'utilizzo di multipli e sottomultipli è molto usuale; tra i più utilizzati c'è il kW, cioè 1.000 mW. In elettronica, però, si è soliti lavorare unità più ridotte; il milliWatt, mW, è la millesima parte di 1 Watt.

Microprocessore con dissipatore di calore e ventilatore.

Formule

Se partiamo dalla formula della potenza, P = V x I, e utilizziamo la legge di Ohm, V = I x P, possiamo sostituire la V della prima formula ottenendo così: $P = (I \times R) \times I = I^2 \times R$. Se ripetiamo l'operazione, ma sostituendo ora la I con la V si ottiene: $P = V \times (V/R) = V^2/R$.

La potenza elettrica

Calcolo della potenza consumata in una resistenza.

Potenza consumata in due resistenze collegate in serie.

Temperatura

Se un qualunque corpo, un'apparecchiatura o un singolo componente per esempio, non è in grado di dissipare tutta la potenza ricevuta, parte di questa si trasformerà in calore producendo un ulteriore aumento di temperatura.

Questo aumento, a sua volta, genera un ulteriore aumento di corrente che favorisce un nuovo aumento di calore e quindi se non si riesce a dissiparlo in maniera sufficientemente rapida, si può produrre un eccesso di temperatura che può causare danni molte volte irreversibili nell'apparecchiatura o nel singolo componente.

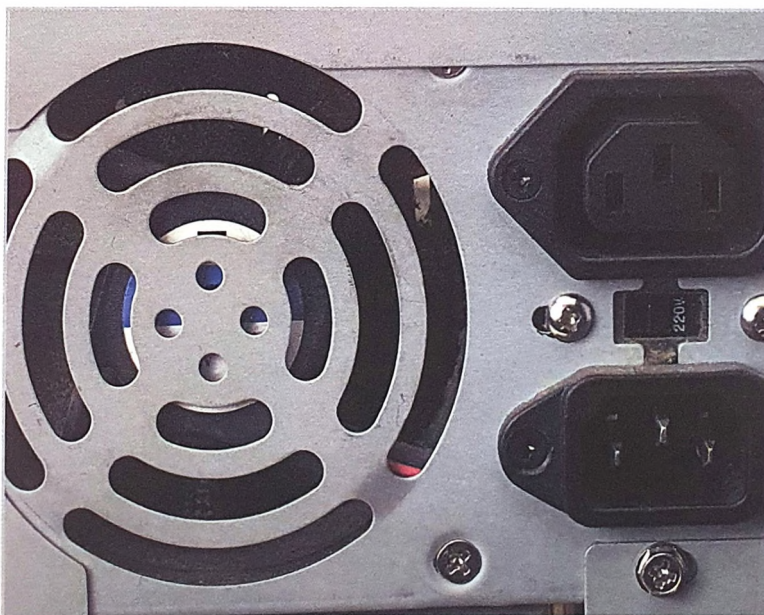
Il dissipatore

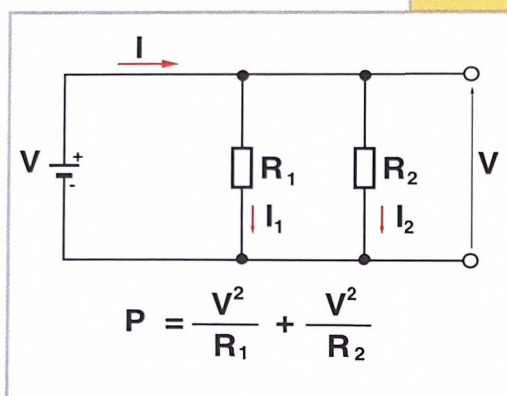
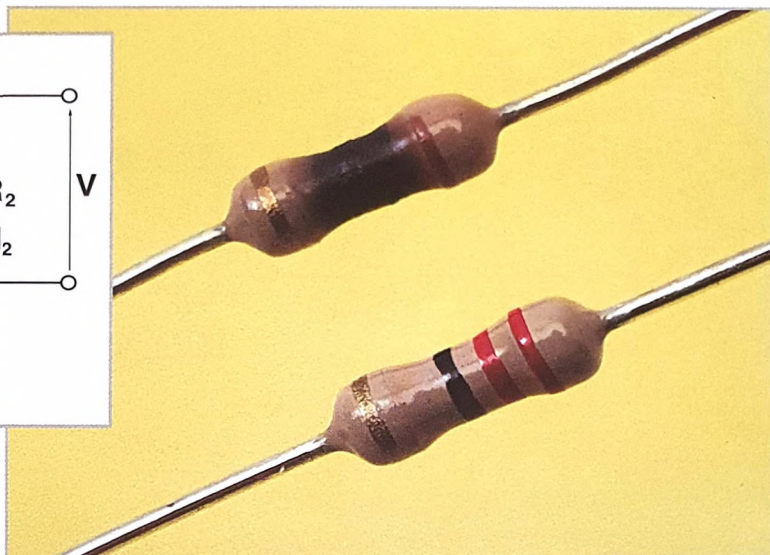
In elettronica uno dei modi più usuali per dissipare calore è l'utilizzo di un radiatore di calore, che, in pratica, consiste in un pezzo di metallo che si avvita al componente per assorbirne il calore e disperderlo nell'ambiente.

I radiatori hanno solitamente una grande superficie di dissipazione. Il calore prodotto può essere diviso in due parti; una genera l'aumento di temperatura nel componente, mentre l'altra la dissipa nell'ambiente circostante. Quest'ultima parte è minore rispetto alla prima, perché il componente è a temperatura ambiente, ma mentre si riscalda, aumenta il passaggio del calore dalla zona più calda – il componente – a quella meno calda – l'ambiente.

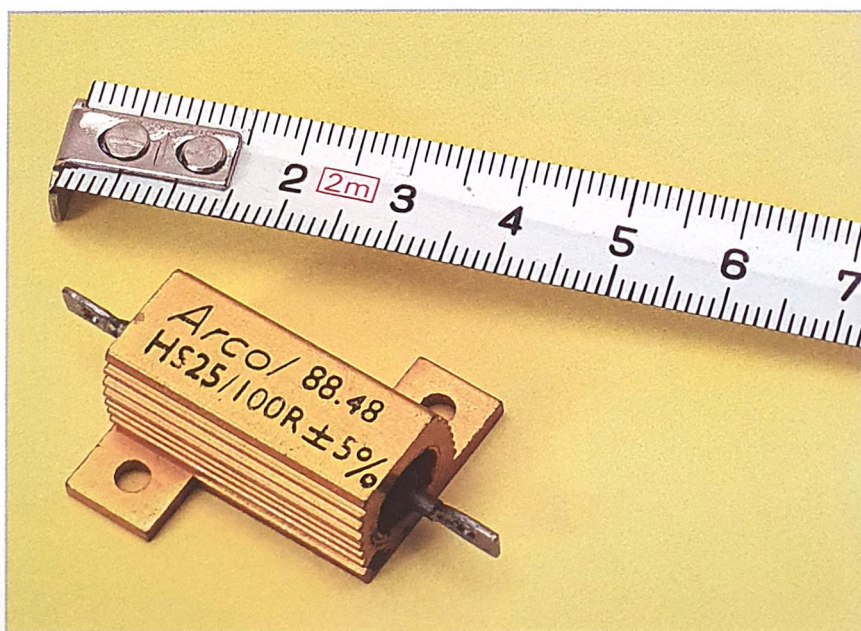
Legge di Joule

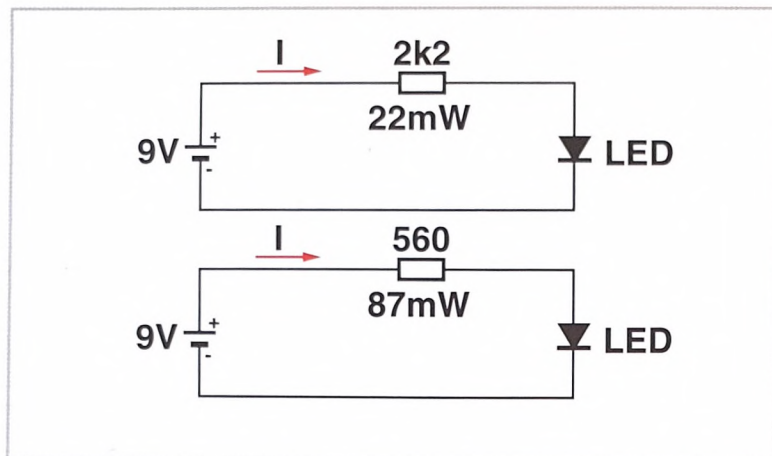
La quantità di calore Q, espressa in calorie, che si produce in una resistenza attraversata da una corrente I, durante un periodo di tempo t, espresso in secondi, è la seguente: $Q = R \times I^2 \times t \times 0{,}24$.

Questa espressione è la legge di Joule.

Molte apparecchiature dispongono di ventilatori al fine di forzare l'uscita dell'aria calda all'esterno.

La potenza elettrica

Calcolo della potenza consumata in due resistenze collegate in parallelo.

Se una resistenza assorbe più potenza di quanta ne possa dissipare, sicuramente si brucerà.

Calcoli

Quando si progetta un circuito, molte volte si confida nel ridotto consumo delle apparecchiature; le resistenze utilizzate dissipano, normalmente, 1/4 W, cioè 250 mW e raramente si supera questa potenza. Quando si deve scegliere una resistenza per un circuito, si deve tener conto, oltre che del suo valore ohmico, anche della potenza che dissiperà e della temperatura massima ambientale in cui lavorerà l'apparecchiatura. Quando decidiamo che la resistenza è una da 250 mW, questo valore sarà dato per una temperatura ambientale di circa 25°; per una temperatura ambientale maggiore – ad esempio di 60°, facilmente raggiungibile d'estate all'interno delle automobili – non si potrà dissipare tanta potenza, dato che il componente parte già da una temperatura molto alta. Come regola pratica si raccomanda di non superare il 50% della potenza massima, soprattutto se il circuito sarà utilizzato continuativamente. Pertanto, con resistenze da 250 mW, ci preoccuperemo di non superare i 125 mW di assorbimento.

Resistenza dotata di rivestimento metallico per favorire la dissipazione del calore; questo modello può dissipare 25 W.

La potenza elettrica

Esempi della potenza che due resistenze devono dissipare.

Ventilatori

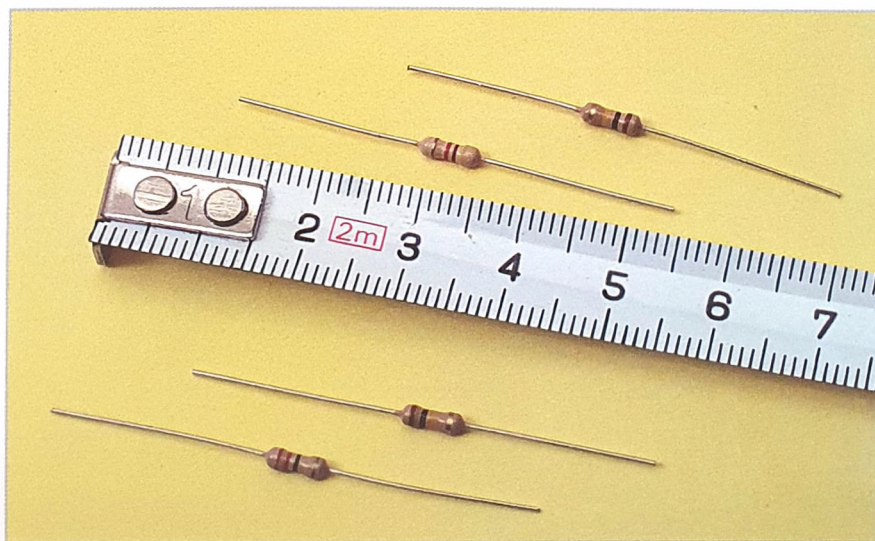
Si utilizzano per estrarre il calore, ma possono essere impiegati in diversi modi. Quello più semplice consiste nell'immettere aria fredda all'interno dell'apparecchiatura cosicché l'aria calda esca all'esterno. L'estrazione dell'aria calda dall'interno con la conseguente entrata nell'apparecchiatura dell'aria fredda esterna, è un altro metodo, che viene utilizzato anche per raffreddare direttamente i dissipatori dei semiconduttori.

Se apriamo un personal computer dell'ultima generazione, troveremo un ventilatore nell'alimentatore e un altro che ha il compito di raffreddare costantemente il dissipatore posto sul microprocessore. Normalmente i ventilatori che immettono aria fredda all'interno delle apparecchiature sono dotati di un filtro per bloccare la polvere; devono, inoltre, essere frequentemente puliti per evitare altresì che il filtro si ostruisca.

La targhetta con le caratteristiche

Le apparecchiature devono riportare il loro consumo; devono essere tutte dotate di una targhetta su cui oltre alla tensione d'utilizzo, viene indicato il consumo in Watt oppure la corrente assorbita, per permetterci facilmente di calcolarne la potenza. Questo dato è estremamente importante, perché offre l'opportunità di adeguare i materiali da utilizzare. Pensiamo a un'apparecchiatura che consuma 25 A; se vogliamo utilizzare un interruttore per collegarla e scollegarla, esso deve sopportare questa corrente. Sarebbe uno spreco usare lo stesso interruttore per un apparecchio che consuma soltanto poco più di 10 mA.

Esempi

Vogliamo verificare se la resistenza scelta per polarizzare un diodo LED ha la giusta potenza. La tensione della batteria è di 9 Volt e la resistenza scelta è di circa 560 Ω. Supponendo che la caduta di tensione ai capi del LED sia di circa 2 Volt, la resistenza avrà una tensione di circa 9–2 Volt, cioè 7 Volt. Se applichiamo la formula $P = V^2/R$ risulta $P = 7 \times 7/560 = 0{,}0875$ W, e cioè 87,5 mW; potremo, quindi, utilizzare una resistenza da 560 Ω, 1/4 W, dato che 1/4 W sono 250 mW.

Resistenze da 1/4 W, cioè da 250 mW.
Nei nostri esperimenti normalmente sono le più utilizzate.

Interruttori e commutatori

La potenza inutilizzata si converte in calore.

Gli interruttori sono componenti elettromeccanici: dobbiamo esaminarli sia da un punto di vista meccanico che elettrico. Sono elementi importantissimi nell'ambito dei circuiti: un loro errato utilizzo infatti, provoca gravi guasti nel funzionamento delle apparecchiature. Quando si verificano dei problemi, ciò è dovuto, nella maggioranza dei casi, a una scelta sbagliata degli interruttori causata anche da un'insufficiente conoscenza delle loro caratteristiche che risultano inadeguate all'applicazione voluta.

Commutatori a leva in miniatura: loro componenti.

Ciclo di lavoro

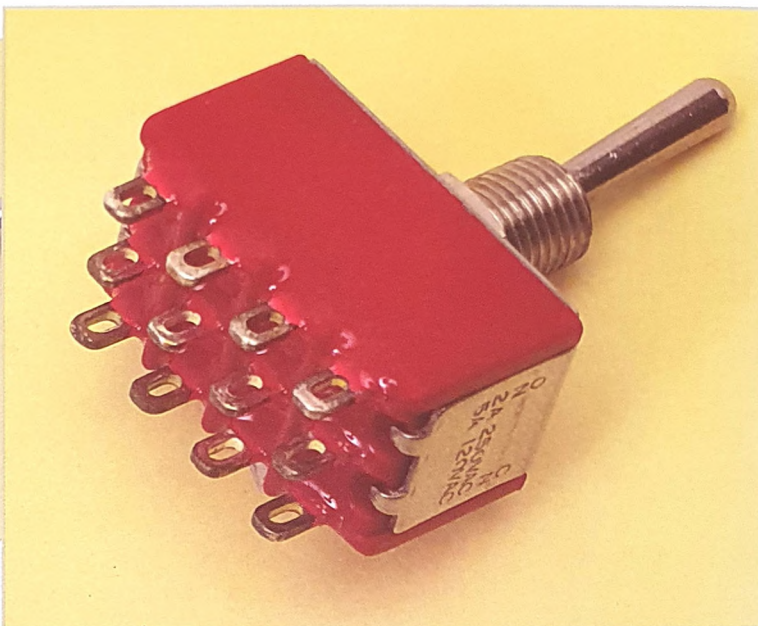
Gli interruttori, o i commutatori, sono componenti formati da vari pezzi assemblati insieme: sono quindi componenti relativamente costosi, soprattutto quando si esige da essi qualità e affidabilità. Conoscere il numero approssimativo di operazioni che l'interruttore sopporta, oltre che per quanto tempo, è molto importante, per poter determinare il tipo di componente da utilizzare. Evidentemente, un commutatore di cambiamento di tensione o l'interruttore di un'apparecchiatura non avranno lo stesso numero di azionamenti. Se facciamo mente locale, possiamo ricordarci qualche apparecchio che, dopo anni di funzionamento, aveva l'interruttore d'accensione difettoso, ciò era tipico di molti televisori degli anni '60. Questi componenti si guastano con l'uso, non solo per quanto riguarda i contatti, ma anche per quanto concerne tutte le parti che li compongono, come gli assi e le leve.

Commutatori scorrevoli di piccole dimensioni.

Resistenza di contatto

Il contatto perfetto è solo teorico, quindi impossibile da realizzare: tra due contatti esisterà sempre, anche se piccolissima, una resistenza. Quest'ultima dipende da diversi fattori: dal materiale dei contatti, dalla loro rifinitura superficiale e dalla pressione esercitata per mantenerli uniti. La loro rifinitura superficiale, oltre a garantire una buona conduttività deve irrobustire il materiale per evitare che si guasti con l'uso; questo è importantissimo specialmente per i componenti di uso continuo che devono sopportare un gran numero di commutazioni. Il valore della

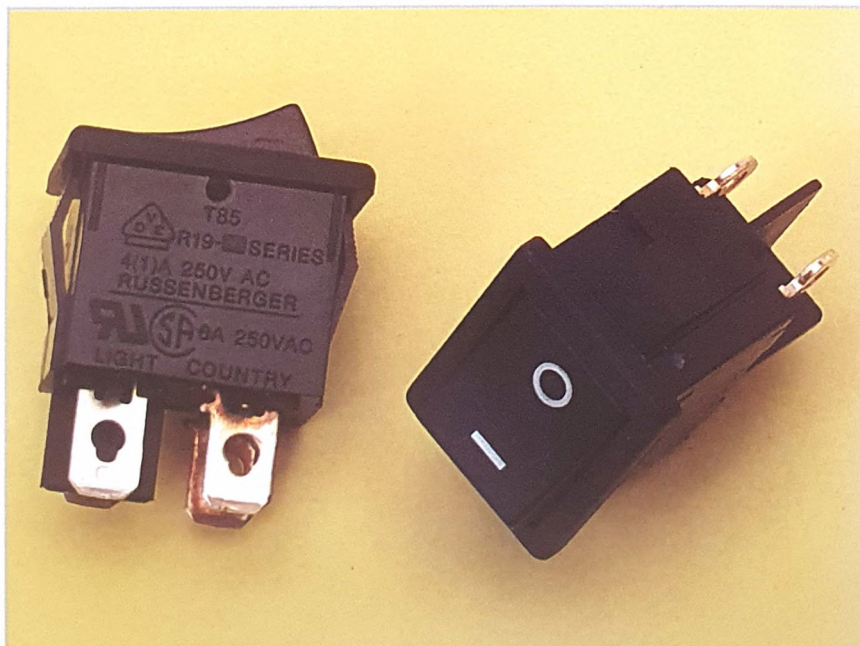
Interruttori e commutatori

Commutatore a leva
con due sezioni e due posizioni.

Commutatore con quattro sezioni e due posizioni.

resistenza di contatto dipende dall'applicazione. Per renderci conto dei valori usati, pensiamo a una resistenza da 0,1 Ω per un contatto metallico classico, che si utilizza normalmente per gli alimentatori. Altri circuiti ammettono anche resistenze da 10 Ω, o più. In alcune tastiere in silicone la resistenza di contatto può arrivare a 100 Ω, la qual cosa può essere perfettamente accettabile per qualche circuito di bassissimo consumo, come potrebbe essere, per esempio, quello di un telecomando.

Interruttore d'alimentazione.

Superficie di contatto

Se osserviamo al microscopio le superfici di contatto tra due materiali, possiamo vedere alcune rugosità che impediscono che le due superfici combacino perfettamente: entrano in contatto, infatti, solamente alcuni punti. La resistenza sarà minore quante minori asperità presenterà la superficie. Un altro problema è la sporcizia, soprattutto se si tratta di particelle di materiale isolante che vanno a interporsi tra i contatti.

Tensione massima

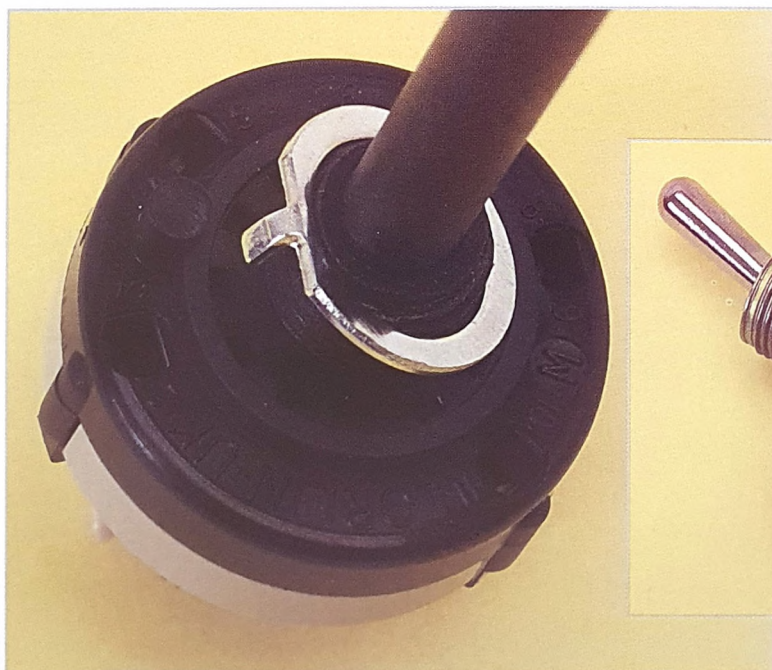
Quando la tensione applicata a un contatto è molto elevata deve sopportare archi che possono arrivare a bruciare i contatti stessi, se questi ultimi non sono stati appositamente progettati per sopportarli.

Corrente massima

La corrente massima dipende anch'essa dagli elementi di cui sono composti gli interruttori attraverso i quali circola la corrente, oltre alla resistenza che presenta il materiale con cui sono stati costruiti. Se la resistenza del contatto è elevata e circola molta corrente, si genererà una notevole quantità di calore che produrrà un grande aumento della temperatura che, nella maggioranza dei casi, potrebbe essere una causa della distruzione del componente stesso.

Commutatore rotante con una sezione e dieci posizioni.

Rimbalzi

Il contatto deve stabilizzarsi rapidamente e sicuramente utilizzando qualunque tipo di mezzo. Se cerchiamo di chiudere lentamente un interruttore a leva, vedremo che arriva un momento in cui l'interruttore cambia rapidamente posizione. Un buon interruttore deve avere un dispositivo per evitare di rimanere in posizioni intermedie – in caso contrario causerebbe il malfunzionamento dell'apparecchiatura – specialmente per quanto concerne i circuiti digitali. Un contatto non sicuro genera molte connessioni e disconnessioni continue e quasi impercettibili.

Limitatore delle posizioni del commutatore.

L'utilizzo di un commutatore appropriato a ogni tensione e corrente è importantissimo.

Posizionamento

L'interruttore, oltre a disporre dei meccanismi per aprire e chiudere il circuito, deve mantenere i contatti in una determinata posizione grazie a un meccanismo di posizionamento.

Azionamento

Le modalità d'azionamento più correnti sono due, per spostamento e per oscillazione. La prima, proprio come dice il suo nome, avviene spostando un pezzo fino a quando non si realizza la connessione.

Questo tipo di azionamento ha il vantaggio di tener puliti i contatti automaticamente grazie allo sfregamento derivante dallo spostamento. L'oscillazione si ottiene facendo oscillare un pezzo che effettua il contatto; logicamente, questo tipo di contatto si guasterà in minor misura, anche se è più sensibile alla sporcizia. Per questo motivo si è costretti a ridurre il movimento delle parti il più possibile, in questo tipo di componenti; manca, infatti, l'azione di strisciamento che eliminava la sporcizia e, di conseguenza, si può dire che non sono autopulenti. Un solo interruttore può avere contatti diversi per poter collegare in maniera indipendente vari circuiti.

Molti modelli di interruttore, o commutatore, possiedono una spia che confermi l'avvenuta connessione del circuito.

Temperatura

La temperatura di lavoro è di grande importanza e in caso di dubbio conviene consultare il costruttore; una volta che si è venuti a conoscenza delle caratteristiche, si possono impiegare per far lavorare l'interruttore nei suoi parametri nominali. Si deve tenere conto del fatto che un apparecchio lasciato al sole può arrivare a superare i 60° C, mentre in alta montagna, durante il periodo invernale, può giungere anche ai -20° C, se non addirittura ai -30° C. L'asse di un commutatore rotante può bloccarsi se è stato utilizzato un lubrificante inadatto e che si congela al freddo.

Se non si utilizza l'interruttore adeguato, i contatti possono deteriorarsi.

Umidità

Se le condizioni di umidità sono molto importanti, si devono utilizzare commutatori ermetici, soprattutto nel caso si tratti di apparecchiature nautiche in cui anche il sale contribuisce a danneggiare l'interruttore. Non si devono solamente proteggere i contatti, ma anche tutto il corpo dell'interruttore, o commutatore, deve essere sottoposto a trattamenti anticorrosivi.

Optoelettronica

L'optoelettronica è una parte dell'elettronica che si dedica allo studio dei dispositivi optoelettronici, dispositivi che variano i loro parametri in funzione della luce oppure che producono luce quando ricevono un'adeguata eccitazione elettrica.

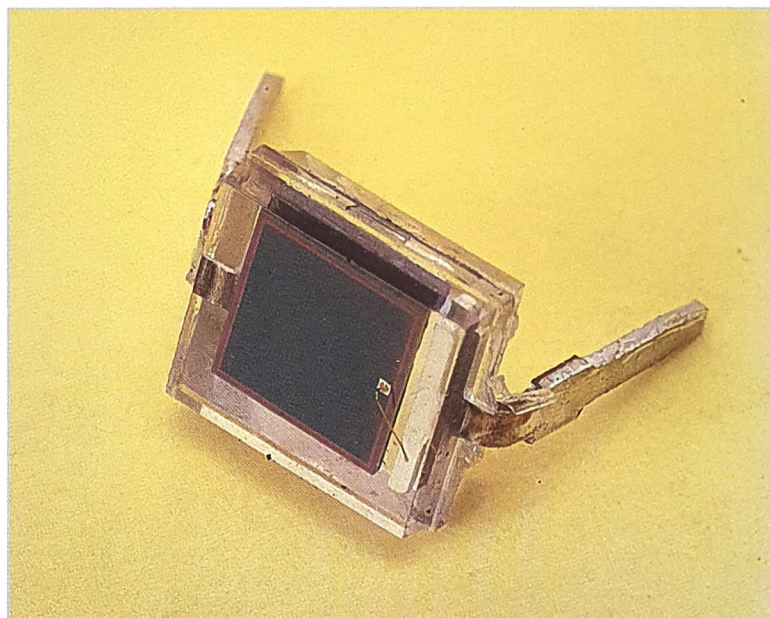
Fra i dispositivi elettroluminosi, che emettono luce non incandescente, il più famoso è il diodo LED. La denominazione deriva da Light Emitting Diode. I LED se sono attraversati nel senso corretto da una corrente di piccola entità, emettono luce.

Fotodiodo BPW34.

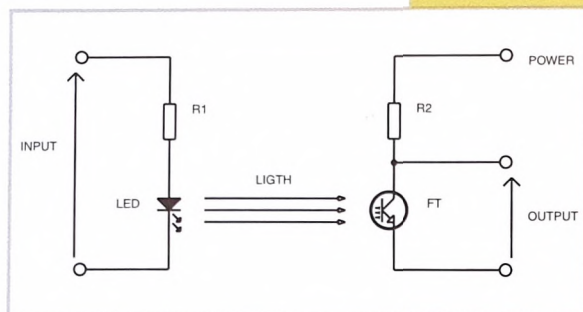
Il fotodiodo

Come qualunque altro diodo semiconduttore è un'unione PN, con una capsula trasparente per ricevere luce. I fotoni della radiazione luminosa variano le condizioni di conduttività della suddetta unione, soprattutto quando quest'ultima è polarizzata in senso inverso.

La cellula fotovoltaica

In un'unione PN, in questo caso un fotodiodo, al ricevere una radiazione luminosa, tra i suoi terminali appare una tensione; se si chiudono i terminali, attraverso una resistenza si può misurare il passaggio di una corrente di intensità relativamente elevata. Perché ciò succeda, questo tipo di cellule deve possedere una grande superficie per intercettare la luce. Normalmente, si collegano in serie e in parallelo varie cellule fino a ottenere la tensione e la corrente desiderate. La corrente prodotta è corrente continua e per utilizzare questa energia e portarla alla rete elettrica si devono utilizzare gli invertitori. L'operazione di carica delle batterie avviene con una certa facilità.

L'energia ottenuta da questo tipo di dispositivi viene chiamata energia fotovoltaica e normalmente la si ottiene dal sole. È utilissima in tutti quei luoghi in cui ci sono molte ore di sole al giorno oppure in si-

Fototransistor NPN.

Optoelettronica

La combinazione di un elemento fotoemettitore e di un altro fotoricevitore è frequente nei telecomandi.

Diodo emettitore a luce infrarossa.

tuazioni inaccessibili o lontani dalla rete elettrica. Solitamente, la si utilizza in combinazione con le batterie, così da immagazzinare l'energia necessaria una volta tramontato il sole.

Questo tipo di alimentazione viene impiegata come principale fonte di energia, se eccettuiamo la propulsione delle stazioni spaziali e dei satelliti. I suoi costi di manutenzione sono bassi, l'energia utilizzata è rinnovabile e non inquinante: sono i suoi vantaggi.

Fototransistor

Un fototransistor è costituito come un normale transistor; l'unica differenza sta nel fatto che è stato progettato perché la luce possa facilmente illuminarne la base, producendo il medesimo effetto che si produrrebbe applicando alla base la corrente elettrica: il transistor conduce a seconda della quantità di luce che incide sulla sua base. Alcuni modelli, per facilitare il controllo del dispositivo, hanno anche un terminale di connessione della base; esistono, quindi, fototransistor a due e a tre terminali.

Se si apre un telecomando, è facilissimo trovare il diodo emettitore a raggi infrarossi.

LED infrarosso

Questo tipo di LED è caratterizzato dall'emissione di una luce rossa, invisibile all'occhio umano. Viene impiegato in tutti i telecomandi a infrarosso, di utilizzo comune negli hi-fi, nei televisori, nei videoregistratori eccetera. Possono essere denominati IRED, Infrared Emitting Diode. Sono polarizzati nello stesso modo con cui viene polarizzato un normale diodo LED ma, solitamente, si applicano

Modulo ricevitore a raggi infrarossi; normalmente include anche un demodulatore.

correnti elevate durante brevi periodi di tempo per migliorare la portata; possono anche essere dotati di specchi o riflettori per avvantaggiarsi e concentrare il fascio che emettono, fabbricando IRED con differenti angoli di apertura.

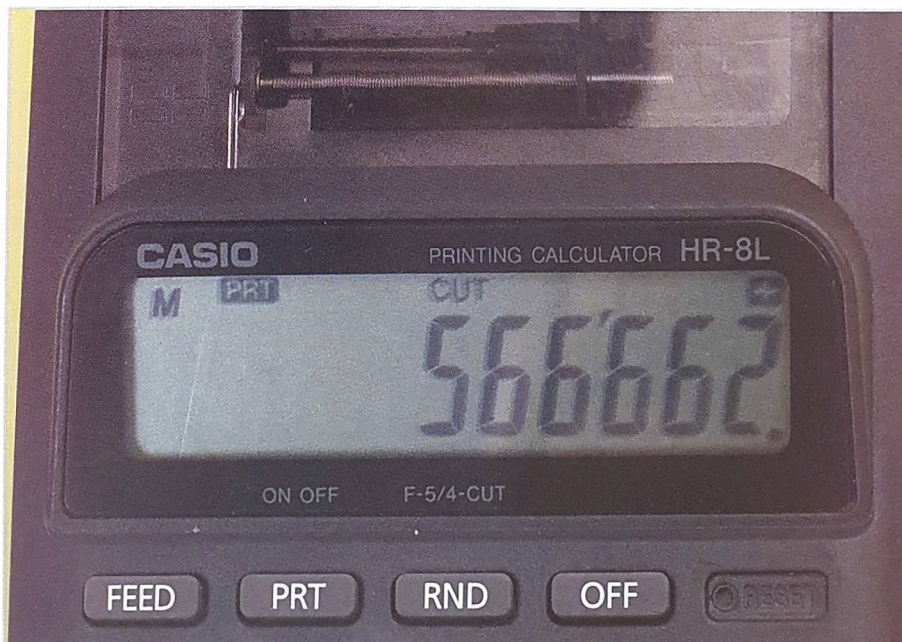
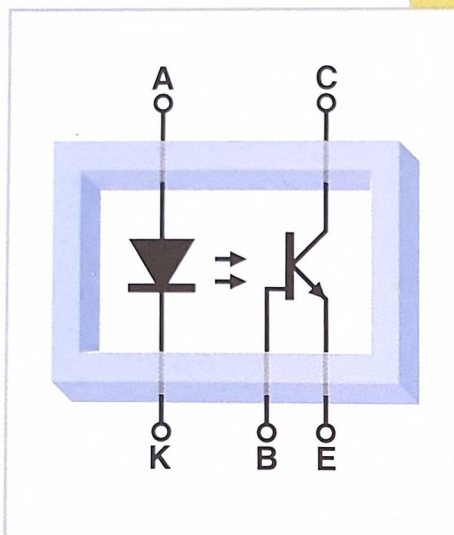
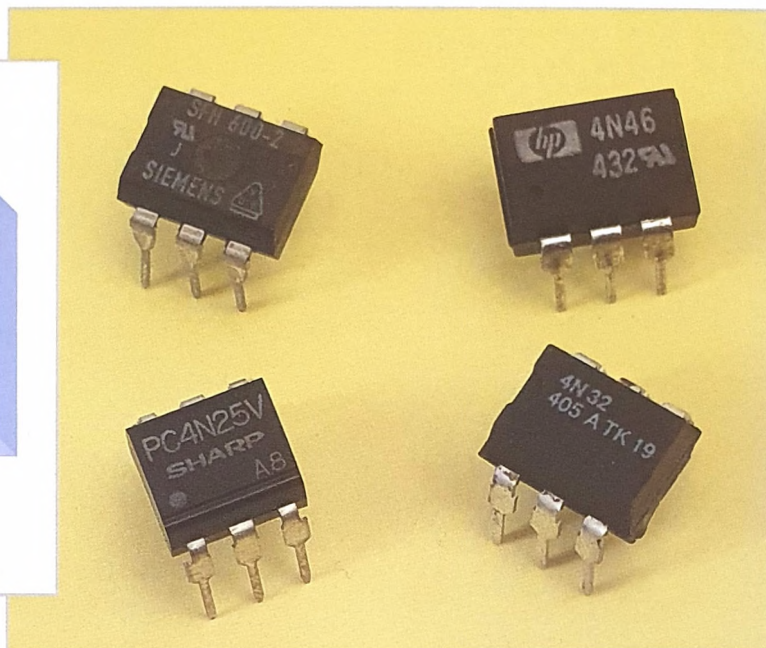
LCD

Queste sigle corrispondono agli schermi in cristalli liquidi usati correntemente in quasi tutti i calcolatori moderni. Consistono, in pratica, in un condensatore piano formato da uno strato metallico talmente fine da risultare trasparente, tra i quali viene introdotto un dielettrico che è cristallo liquido in fase nematica. Se tra le piastre non viene applicata tensione, il cristallo rimane trasparente; invece, se ne applicamo – solitamente ne basta poca e a bassa corrente – nella riflessione e nella rifrazione della luce, si producono delle variazioni che fanno diventare opaco il cristallo.

Questo tipo di schermo possiede l'importantissima proprietà di lavorare con la luce, di utilizzarla, anche se non la genera; più si illumina, più si vede. Un LED, al contrario, se è troppo illuminato e quindi vicino alla saturazione, con variazioni veloci di polarità, sarà difficile capire quando è acceso e quando è spento. Questi schermi hanno bisogno di luce, sia frontalmente sia posteriormente. Questo tipo di dispositivo, oltre al basso consumo, possiede il vantaggio di essere molto ben visibile in luoghi fortemente illuminati.

Schermo a cristalli liquidi LCD.

Optoaccoppiatore

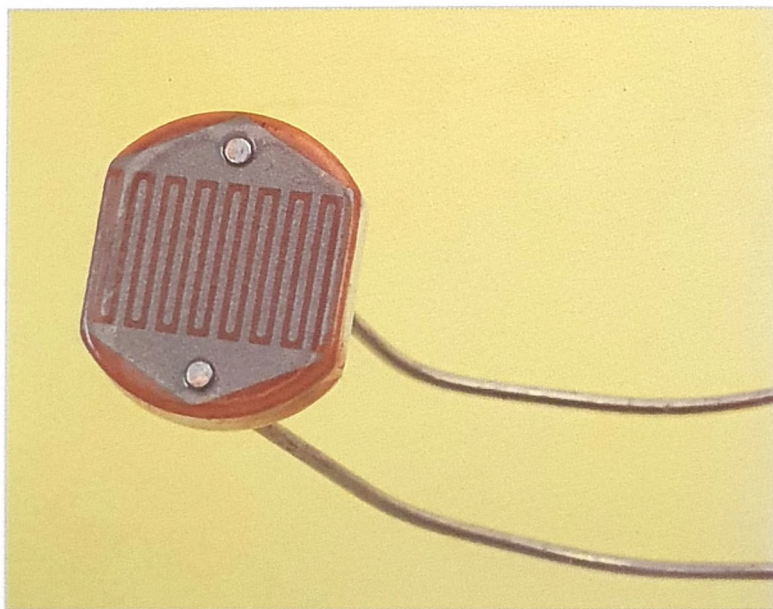
Un optoaccoppiatore consiste in due circuiti isolati; attraverso la luce, l'informazione passa dall'uno all'altro senza che fra i due circuiti ci sia nessuna connessione. Consente, di conse-

Un optoaccoppiatore consta di due circuiti isolati; attraverso la luce, l'informazione passa dall'uno all'altro.

Vari modelli di optoaccoppiatori.

guenza, un buon isolamento elettrico tra i circuiti. Il circuito emettitore di luce illumina il ricevitore ed è situato all'interno di una capsula tanto da assomigliare a un circuito integrato; i modelli più comuni hanno contenitori con sei terminali di connessione, di cui solamente 4 o 5 vengono utilizzati.

Esistono, inoltre, modelli che hanno all'interno di una medesima capsula raggruppamenti di diversi optoaccoppiatori.

Resistenze LDR

Le LDR, o fotoresistenze, hanno la particolarità che la loro resistenza diminuisce all'aumentare della quantità della luce incidente.

Sono fabbricate con solfuro di cadmio, che è un materiale altamente cancerogeno e, quindi, gli incapsulati devono essere molto resistenti così da impedirne l'apertura. In caso vengano ritirate o sostituite, devono essere riciclate, evitando di buttarle nella spazzatura per preservare l'ambiente. È un componente relativamente costoso, ma varia abbastanza gradatamente alla luce e ciò lo rende in genere di facile utilizzo. L'apparizione di fotodiodi e fototransistor meno costosi, però, ha fatto sì che vengano usati sempre meno.

Resistenza LDR.

Relé elettromagnetici

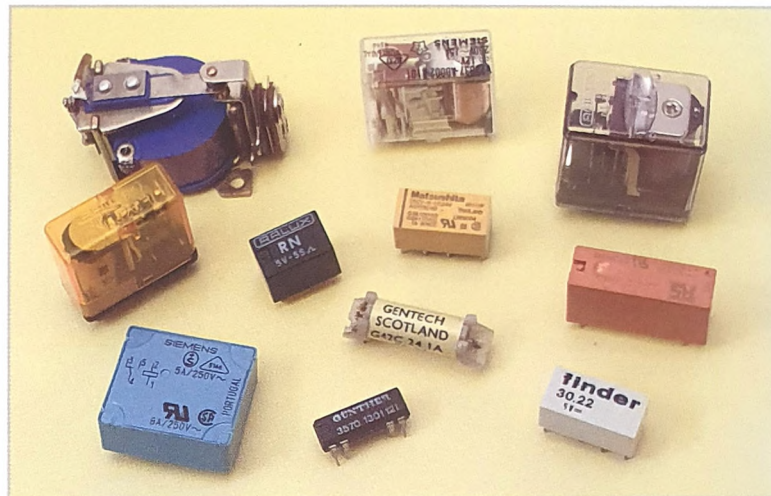
Un relé elettromagnetico, in pratica, è costituito da uno o più contatti azionati da una elettrocalamita.

Il relé elettromagnetico è un componente utilizzatissimo, anche se passa inosservato: ha molti campi d'applicazione, ad esempio nelle centrali telefoniche è il componente più importante dato che queste ultime contengono anche oltre 100.000 relé.

Relé di uso corrente.

Il relé

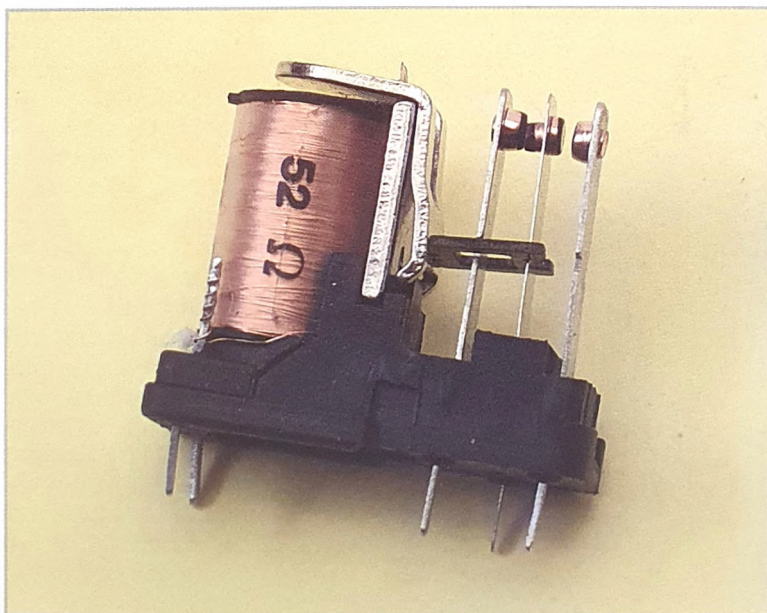
Il nome è un'abbreviazione utilizzata nel gergo dei tecnici che sta per "attuatore elettromagnetico". Anche se viene utilizzato in elettronica, in realtà esso è un componente elettromeccanico e per progettarlo e costruirlo è necessario disporre di nozioni sull'elettricità e sulla meccanica.

Il principio su cui si basa il suo funzionamento è semplicissimo: ha una parte, costituita dai contatti che sono simili a quelli di un interruttore o commutatore, che può avere anche un notevole numero di circuiti commutatori. L'altra parte di cui è costituito è il dispositivo che attiva l'interruttore, o la combinazione di commutatori, e che invece di essere azionato manualmente, viene azionato da una elettrocalamita.

I contatti

I contatti del relé devono poter garantire una buona connessione elettrica: per questo motivo, infatti, sono fabbricati con materiali conduttori di elettricità. Inoltre, il punto di contatto, deve essere progettato tenendo conto delle correnti che dovrà condurre e della tensione che dovrà sopportare. Se non viene utilizzato un adeguato relé i punti di contatto si possono bruciare; si deve fare attenzione, per esempio, quando il carico che si deve commutare è induttivo, come nel caso di un motore: si possono generare degli archi che rendono obbligatorio l'utilizzo di contatti estremamente rinforzati. Le parti flessibili dei contatti sono denominate lamine perché sono composte da lamine metalliche.

Relé commutatore.

La pressione

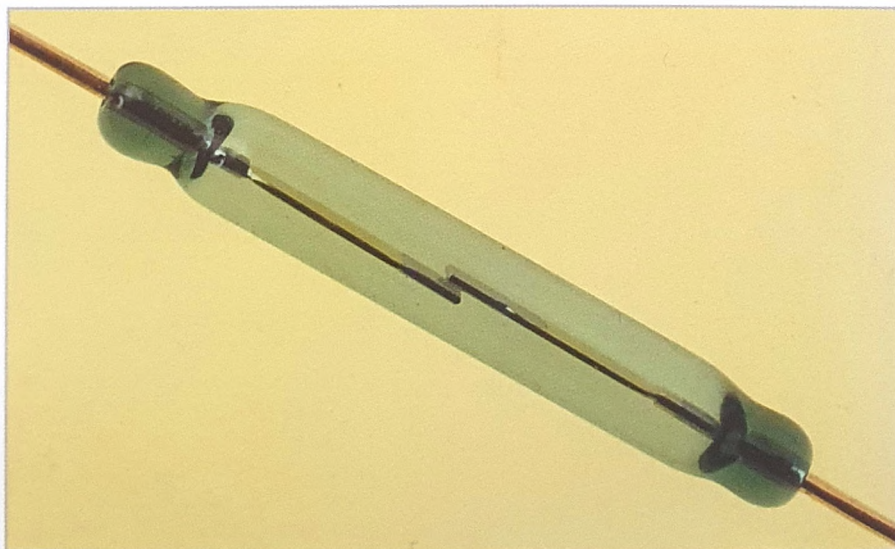
L'elettrocalamita che aziona i contatti deve avere un sistema composto da parti isolanti e leve che spingano i contatti con una forza sufficiente ad assicurare il contatto stesso. È importantissimo applicare alla bobina la tensione consigliata

dal costruttore perché potrebbe succedere che se apparentemente funziona anche con tensioni inferiori, la pressione delle molle potrebbe essere così esigua da non potere assicurare un contatto sicuro e quindi il contatto stesso finirebbe con il guastarsi. I relé commutatori sono costruiti con molle con un dispositivo che mantiene la commutazione permanente, e assicura il contatto anche quando il relé è in stato di riposo, quando cioè non si applica tensione alla bobina. Quando si parla di relé applicati ad apparecchiature o ad autoveicoli, il discorso si complica, infatti, per assicurare un buon contatto anche in presenza di colpi e di oscillazioni, tutti questi sistemi devono essere di conseguenza più rinforzati.

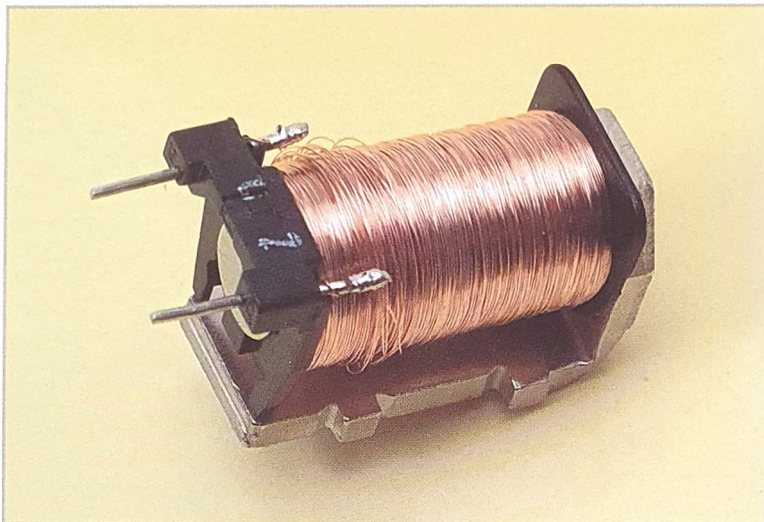
Relé reed.

La bobina

La bobina di un relé è un avvolgimento costituito da filo arrotolato su un nucleo composto principalmente da ferro. In realtà, esso è una elettrocalamita; la tensione applicata alla bobina dipende dall'applicazione e può essere alternata o continua, a seconda del modello. Tanto per fare qualche esempio: 5, 12, 24 e 48 Volt per la tensione continua e 12, 24, 48 e 220 Volt per quella alternata sono alcuni dei valori d'utilizzo più comune. Per quanto riguarda, invece, la corrente assorbita, essa dipende dall'energia necessaria a spostare i contatti. Le dimensioni e il peso, a causa della notevole varietà di applicazioni, sono molto diversi; possono andare dal peso inferiore a un grammo fino a raggiungere qualche chilo.

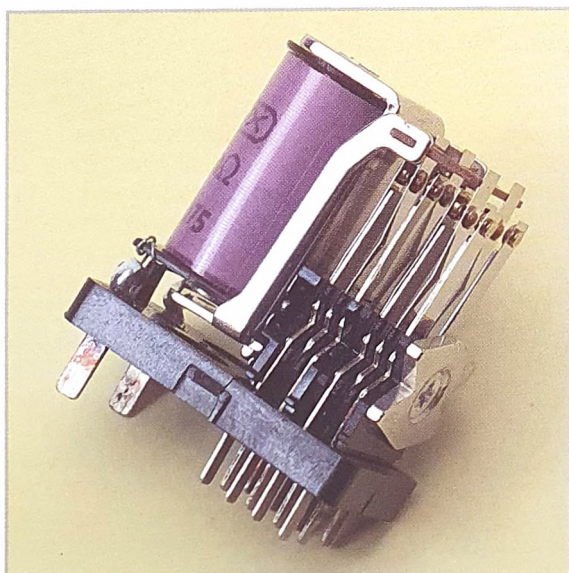
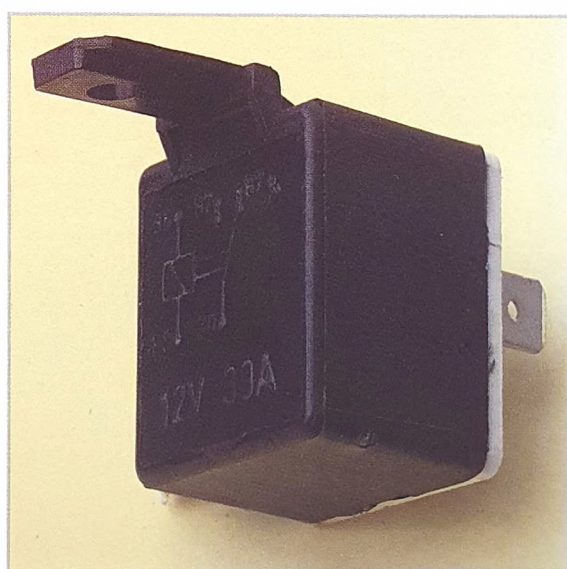
L'armatura

L'armatura è costituita dalla rimanente parte dei pezzi che chiudono il circuito magnetico composto da due parti: l'armatura fissa, che é la bobina, e l'armatura mobile, la quale è composta da materiale ferroso che viene attratto dall'elettrocalamita. Quest'ultima, a sua volta, fa leva sui supporti isolanti dei contatti e spostandoli porta a termine la commutazione del relé. L'armatura mobile, essendo di ferro, deve essere isolata dai contatti che aziona.

Dettaglio dell'ampolla con contatti di un relé reed.

Relé elettromagnetici

Bobina di un relé/ è l'elettrocalamita che muove i contatti del relé.

I nemici

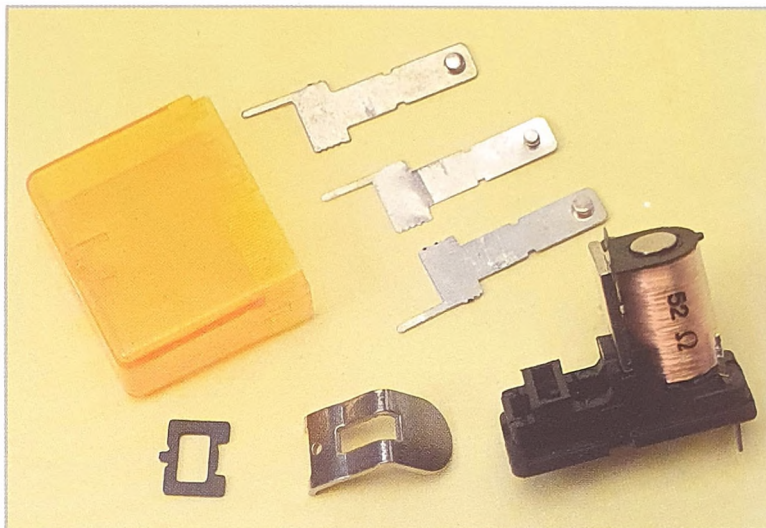
La polvere è il nemico numero uno del relé; i relé, di solito, sono chiusi da una protezione molte volte trasparente. I relé "aperti" vengono usati solamente in zone protette dalla polvere. Il salnitro, la tipica corrosione prodotta dal sale sulle imbarcazioni e nelle zone costiere, è un altro nemico da cui vanno protetti i relé: in questo caso, oltre a una buona copertura, si devono rivestire di materiali anticorrosione tutti i pezzi che agiscono con la tensione e quindi potrebbero avere dei danni a causa dell'azione elettrolitica. Anche la temperatura è dannosa; dobbiamo pensare che esistono delle apparecchiature che lavorano in alta montagna, o in zone polari, e che devono sopportare temperature di circa 30° sotto zero o anche più basse. Per fare un altro esempio, i relé collocati nel motore di un'autovettura devono resistere a un calore che facilmente supera i 60° C. Solitamente, i relé di uso comune, funzionano bene da 0° C fino a 50° C; per temperature estreme, invece, ci si deve avvalere di relé appositamente progettati. Il calore esige che si utilizzino isolanti indeformabili, ma anche il freddo può far nascere dei problemi, perché i meccanismi che compongono i relé possono restringersi e bloccarsi. Si deve quindi tener conto della dilatazione dei metalli e si deve fare molta attenzione a utilizzare lubrificanti per le parti mobili perché potrebbero congelarsi.

Le avarie dei pezzi meccanici sono un altro fattore che influisce negativamente sul funzionamento dei relé: i costruttori hanno studiato delle solu-

Un relé può commutare simultaneamente molti circuiti.

.Modello di relé di uso corrente nelle autovetture.

Relé elettromagnetici

zioni per ovviare a questo problema e indicano una durata per ogni tipo di relé, trascorsa la quale, quest'ultimo va sostituito, anche se funziona ancora bene. Può anche succedere che, a causa di un guasto nel circuito, un relé progettato per assolvere ad un determinato numero di operazioni, veda incrementati in maniera anormale i valori di funzionamento.

Relé reed

I relé reed sono relé elettromagnetici, anche se la loro forma è molto diversa. I contatti sono situati all'interno di un'ampolla di vetro che assicura una protezione estremamente efficace contro qualsiasi tipo di sporcizia e di umidità; le lamine sono, in pratica, una lega di ferro e l'ampolla è inserita all'interno del nucleo della bobina: quando la bobina viene eccitata, il campo magnetico provoca lo spostamento delle lamine, stabilendo, così, il contatto. Per verificarne il funzionamento, possiamo applicare all'esterno dell'ampolla un magnete e osservare come i contatti si spostino.

Pezzi di un relé.

L'isolamento

L'isolamento tra il circuito che controlla la bobina e i circuiti dei contatti, è la cosa più importante in un relé. In molte applicazioni tra i due circuiti non c'è connessione elettrica.

Il controllo

Anche i relé vengono utilizzati al fine di risparmiare cavi e altri componenti, possiamo vederlo con un esempio classico. Il motorino di avviamento di un'autovettura, durante l'operazione di avviamento, consuma più di 100 A: la sua connessione, quindi, esigerebbe un commutatore estremamente robusto, oltre alla presenza di due cavi di grosso diametro che dovrebbero arrivare fino al posto di guida. Osservando la batteria dell'automobile, invece, vediamo che il negativo si collega direttamente alla carrozzeria e al motore, mentre dal positivo escono due cavi, di cui il più grosso è connesso direttamente al motorino di avviamento. Su di esso è situato il relé che viene azionato da un interruttore attivato dalla chiave che commuta il sistema elettrico di accensione del motore, attraverso cui circola soltanto la corrente che alimenta la bobina di questo relé, i cui contatti collegano direttamente la batteria al motorino di avviamento. Esso, inoltre, muove un ingranaggio che "ingrana" con la corona del motore a combustione, lo fa ruotare e quindi partire.

Relé con distribuzione dei terminali che permette il suo utilizzo negli zoccoli dei circuiti integrati.

Contatori I

Si tratta di circuiti la cui uscita è un numero binario che incrementa con gli impulsi del clock.

Il contatore è un circuito integrato di grande utilizzo nella maggior parte delle apparecchiature digitali, dai calcolatori ai computer, che compie una funzione antichissima: il conteggio. Le sue uscite cambiano di valore ogni volta che all'entrata del suo clock viene introdotto un impulso, che incrementa il codice binario nel successivo valore. In questo modo possiamo contare il numero di persone che entrano in uno stabilimento, il numero di viti che un nastro trasportatore trasporta, il numero dei chilometri percorsi o semplicemente i secondi che passano. In definitiva, tutto quanto sia conteggiabile, ha bisogno di un circuito contatore.

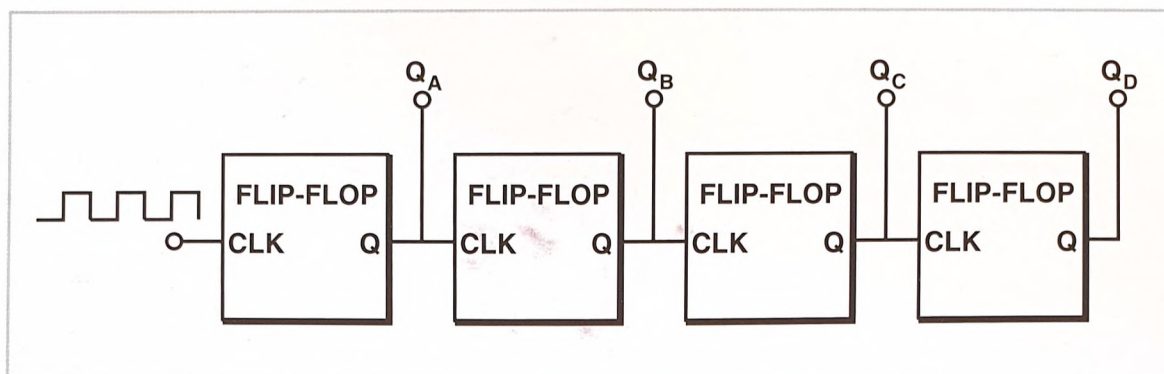
I contatori meccanici sono costituiti da ingranaggi che, azionati da un dispositivo elettrico, girano e cambiano i numeri.

Il problema

Il problema è che essendo un circuito digitale, capisce e lavora solamente con degli 'zero' e degli 'uno'. Il segnale che comanda l'ingresso del clock è l'impulso. Quindi, ogni grandezza o ogni evento che intendiamo misurare, dobbiamo trasformarlo in impulso, cosicché il contatore lo possa contare. Se vogliamo contare il tempo trascorso, per esempio, è facilissimo: basta costruire direttamente un oscillatore che eroghi impulsi da 1 Hz, collegarlo all'entrata del contatore e contare i secondi trascorsi. Se invece vogliamo contare le persone che entrano in uno stabilimento, invece, come possiamo fare? Semplice: la risposta ci viene data dai dispositivi posti all'entrata di molti dei grandi magazzini. Sono barriere dotate di fasci di luce infrarossa che, interrotti dal passaggio di una persona, generano un impulso che verrà utilizzato perché il contatore avanzi. Come in questo caso, qualsiasi evento vogliamo contare, dobbiamo convertirlo in impulsi utilizzando uno dei tanti circuiti elettronici che generano impulsi.

I contatori digitali vengono utilizzati in una notevole quantità di applicazioni.

Il conteggio

Forse non ci siamo accorti di un piccolo dettaglio che può passare inosservato, ma che è importantissimo. All'uscita è sempre presente un numero binario: l'ultimo numero del

Le uscite di un contatore cambiano ad ogni impulso del clock, incrementando normalmente il conteggio.

conteggio rimarrà presente nell'uscita fino a quando non appare un nuovo impulso del clock. Perché il numero rimanga all'uscita occorre memorizzarlo, è necessario che ogni bit presente all'uscita del contatore, venga memorizzato perché ne rimanga fissato il valore fino all'ingresso di un nuovo impulso che verrà nuovamente immagazzinato. In un contatore meccanico questo problema non esiste, perché arrestandosi, rimane fermo sul numero che era automaticamente memorizzato.

Elementi della memoria: bistabili

I bistabili, conosciuti anche come flip-flop, sono circuiti di base che implementano funzioni di memorizzazione in uno stato binario, mantenendo l'ultima informazione inviata, anche nel caso in cui l'entrata che l'ha inviata sia nel frattempo scomparsa.

Come indica proprio il nome, hanno due stati bistabili: l'uscita si può trovare a '0' o a '1' in forma stabile, a seconda di come sia stata eccitata l'entrata. Costituiscono la base di alcuni circuiti digitali: soprattutto contatori e registri di spostamento.

La loro caratteristica – mantenere l'informazione – fa sì che li si possa considerare funzioni elementari della memoria. Consentono la memorizzazione dell'unità minima dell'informazione binaria, il bit. Nel caso dei contatori, essi si basano sui bistabili, esistendo sul mercato contatori integrati costruiti con diversi tipi di bistabili. Vengono realizzati mediante bistabili perfettamente collegati e, a seconda dei casi, anche completati da porte logiche.

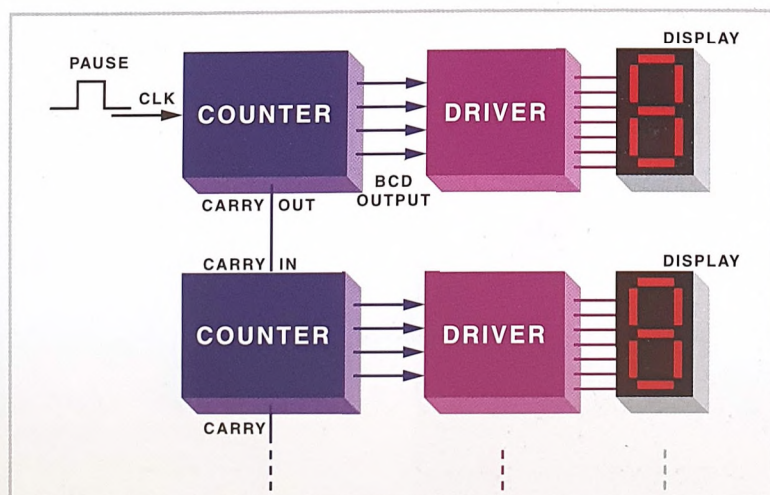



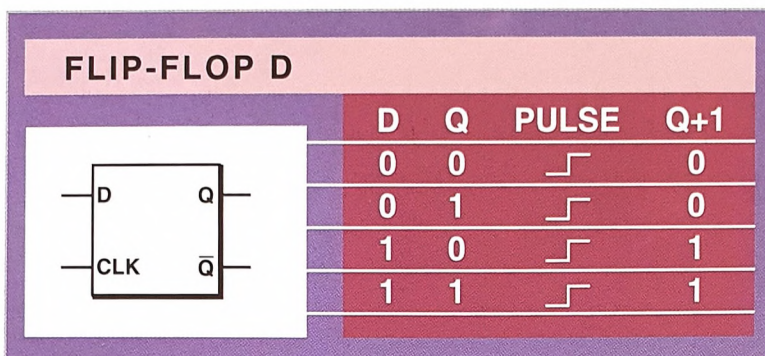
Diagramma dei blocchi di un contatore con presentazione dell'uscita in numeri naturali e sistema decimale.

Num. bits	Counts
1	2
2	4
3	8
4	16
•	•
•	•
•	•
N	N

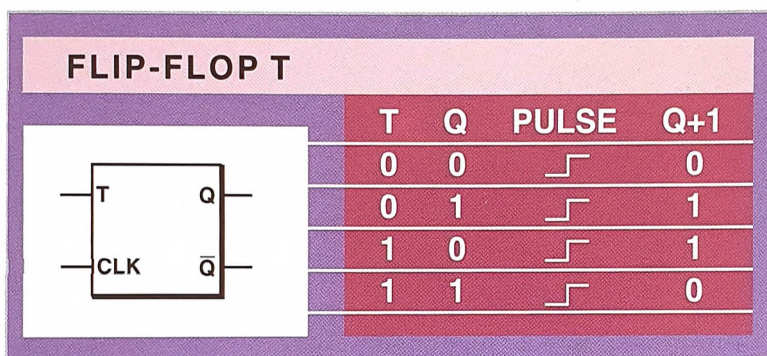
Il massimo numero dei passaggi che possono venire conteggiati viene direttamente dato dal numero dei bits del contatore.

Contatori I

FLIP-FLOP D

D	Q	PULSE	Q+1
0	0	_|‾	0
0	1	_|‾	0
1	0	_|‾	1
1	1	_|‾	1

Flip-flop D: tavola della verità.

FLIP-FLOP T

T	Q	PULSE	Q+1
0	0	_|‾	0
0	1	_|‾	1
1	0	_|‾	1
1	1	_|‾	0

Flip-flop T: tavola della verità.

Bistabile D

In genere, questo tipo di bistabile possiede soltanto un'entrata di dati (D). L'informazione presente all'entrata D appare solamente all'uscita Q nel momento in cui l'onda quadra del clock assume un valore alto.

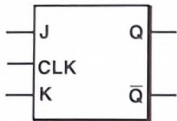
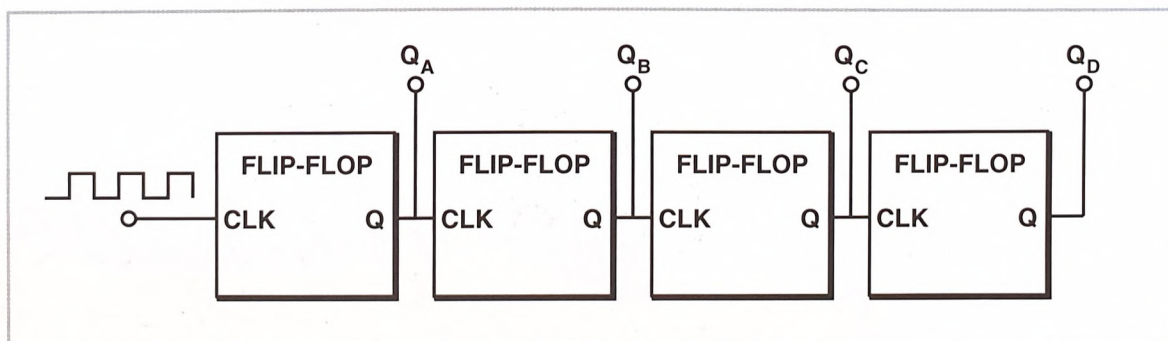
Bistabile JK

È, forse, il bistabile più importante e, di conseguenza, il più utilizzato. Si comporta, praticamente, come il flip-flop R-S, che è l'unità di memoria più semplice esistente e che abbiamo già avuto modo di vedere nell'esperimento "DIGITALE 7".

L'uscita cambia sempre quando le entrate sono J = K = 1, condizione conosciuta come alternanza (toggle). Se l'entrata J = 1 quando riceve un impulso all'entrata del clock, l'uscita passa a 1 (Q = 1); invece, se K = 1 e viene ricevuto un impulso, l'uscita passa a 'zero' (Q = 0). Questo funzionamento è identico alle funzioni SET e RESET, per mettere a '1' e a '0' rispettivamente quelle che in questo caso equivarrebbero alle entrate J e K, con la differenza che queste ultime non agiscono se l'impulso del clock non è presente.

Bistabile T

È un bistabile che non ha l'ingresso dei dati, in cui, cioè non possiamo memorizzare uno '0' o un '1'. Questo flip-flop possiede soltanto l'ingresso del clock, di modo che ogni volta che il segnale passa da zero a uno, l'uscita Q cambia di stato. Questo tipo di bistabile è molto utilizzato; non esiste sul mercato in questa forma, ma lo si può ricavare molto semplicemente partendo da altri bistabili (JK e D).

Bistabili-Contatori

Proprio come abbiamo detto, i contatori vengono costruiti

Per costruire un contatore collegheremo tra loro tanti bistabili o flip-flop quanti sono i bits che vogliamo ottenere all'uscita.

J	K	Q	PULSE	Q+1
0	0	0	⌐_	0
0	0	1	⌐_	1
1	0	0	⌐_	1
1	0	1	⌐_	1
0	1	0	⌐_	0
0	1	1	⌐_	0
1	1	0	⌐_	1
1	1	1	⌐_	0

FLIP-FLOP JK

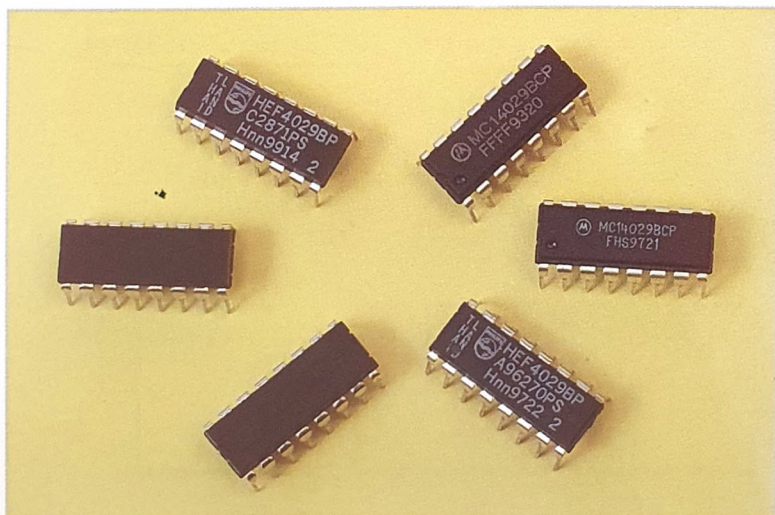
Flip-flop JK: tavola della verità.

raggruppando diversi bistabili, ma quanti? C'è una relazione diretta tra il numero dei bits che vogliamo ottenere da un contatore e il numero massimo che vogliamo esso conti. Questa relazione viene data dalle potenze del 2, 2^N, dove N è il numero bits del contatore. Così, se vogliamo contare fino a 7, dovremo inserire un contatore da 3 bits, che ci conterà $2^3=8$ passi, da 0 a 7. Con 4 bits possiamo contare $2^4= 16$ passi, da 0 a 15. Di norma, i contatori possiedono 4 bits per poter così essere raggruppati e formare i bytes (8 bits), che sono le unità fondamentali con cui normalmente operano i computer, anche se attualmente lavorano di 4 in 4, dato che si lavora con 32 bits. Esistono anche contatori (di comune utilizzo) da 8 bits, implementati direttamente in un integrato.

Sistema completo di conteggio

Un contatore con un'uscita da 4 bits non potrà fornire un'informazione accurata se, per esempio, il circuito dovesse contare le persone che entrano in uno stabilimento, dato che potrebbe contare solamente fino a 15. Per lavorare con numeri maggiori, si devono collegare in serie diversi contatori. Facendo così, si incrementa il numero dei bits dell'uscita e quindi il numero del conteggio aumenta.

Normalmente vengono utilizzati i numeri naturali rappresentati su un display: il sistema binario si utilizza solamente nei circuiti e per effettuare qualche altro esperimento. Bisogna, tuttavia, fare innanzitutto una rettifica: l'informazione non verrà rappresentata, bensì verrà processata mediante un computer. Lavoreremo, quindi, con un sistema binario puro, che con 4 bits andrebbe da 0000 a 1111, ma quando vorremo rappresentare l'informazione e passarla al display, dovremo lavorare con un codice BCD (che va dallo 0 = 0000 fino al 9 = 1001).

Un sistema d'informazione consta di diversi contatori collegati tra loro mediante dei terminali appositamente disposti a tale scopo e che vengono normalmente chiamati CARRY IN e CARRY OUT (trasporto d'entrata e trasporto d'uscita), ma non possiamo attaccarci direttamente ai display a sette segmenti: abbiamo bisogno di un circuito intermedio che interpreti il codice BCD e illumini i diodi corrispondenti al numero BCD applicatogli all'entrata. Ricorderemo sicuramente che questi display sono costituiti da diodi LED e hanno bisogno che le corrispondenti resistenze di polarizzazione vengano intercalate.

Il 4029 è un esempio di contatore integrato.

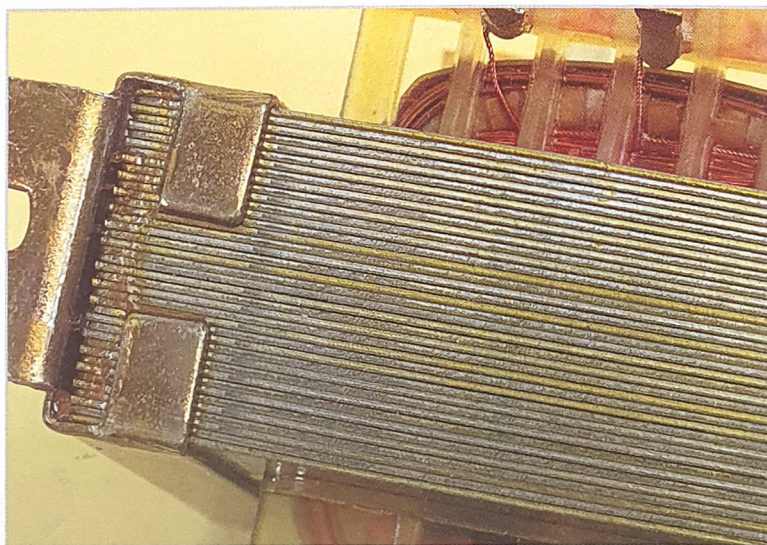
I trasformatori

Il trasformatore è formato da due avvolgimenti isolati elettricamente che si accoppiano tra loro attraverso un circuito magnetico.

Il trasformatore consta come minimo di due avvolgimenti di filo conduttore su un nucleo; uno degli avvolgimenti crea un flusso magnetico e attraversa l'altro avvolgimento inducendo una corrente elettrica. Perché il trasformatore sia di buona qualità, è necessario che quasi tutto il flusso magnetico prodotto dall'avvolgimento che riceve l'energia elettrica, chiamato primario, giunga all'altro avvolgimento, denominato secondario. Perché si produca il flusso magnetico, invece, è necessario che ci siano variazioni della corrente nel primario; non si produce un flusso magnetico adeguato se la corrente è continua. È necessario, pertanto, che la corrente sia alternata e non continua.

Trasformatore d'alimentazione con secondario da 15 Volt.

Avvolgimenti

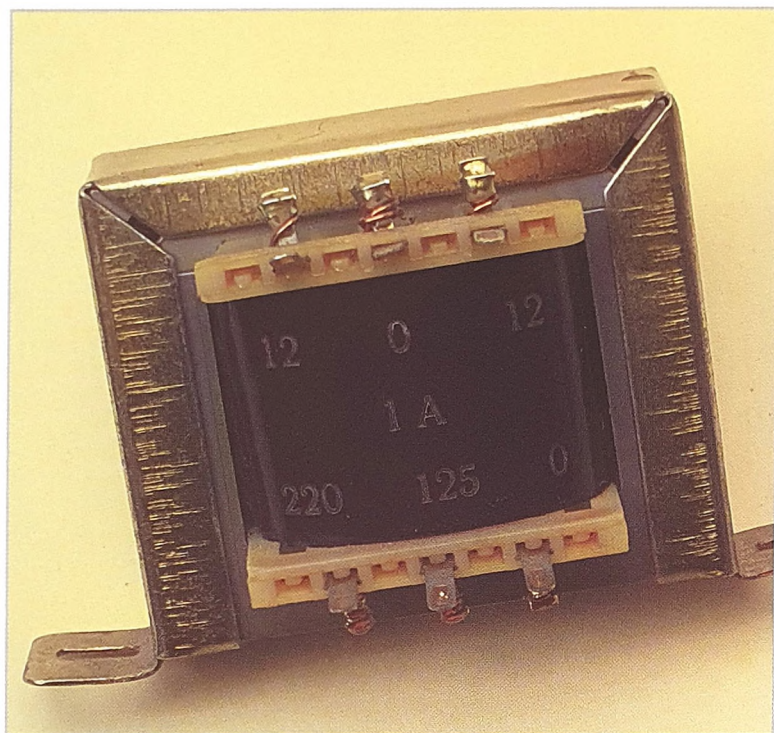
Gli avvolgimenti sono bobine composte da filo conduttore avvolto su un nucleo di materiale ferroso. Perché il trasformatore funzioni come tale, il flusso magnetico deve attraversare entrambi gli avvolgimenti. La quantità del flusso magnetico generata è determinata dal numero di spire; il diametro del filo dipende dalla corrente che vi circolerà e che, a sua volta, viene determinata dalla potenza che si vuole trasferire dal primario al secondario.

Il nucleo dei trasformatori d'alimentazione è formato da lamierini.

Rapporto di trasformazione

La relazione della trasformazione è uguale al quoziente tra il numero delle spire del primario e quello delle spire del secondario. Il numero delle spire è in proporzione alla tensione di lavoro di ciascun avvolgimento. La relazione della trasformazione, quindi, può essere definita anche come la relazione tra le tensioni d'entrata e quelle di uscita.
Quando si chiude il circuito applicando al secondario un carico, circolerà corrente. La relazione tra la corrente circolante nel primario e quella circolante nel secondario è l'opposto della relazione del valore di trasformazione.

La potenza

La potenza di un trasformatore viene calcolata in VA (Volt-Ampére); si ottiene moltiplicando la corrente massima

I trasformatori

Trasformatore con presa intermedia collocata nel secondario per ottenere 12, 0, 12 Volt.

per la tensione nominale. Questo dato è importante soprattutto per quanto riguarda i trasformatori d'alimentazione perché, in questo caso, il trasformatore assolve a due funzioni. La prima è quella di isolarci elettricamente dalla rete – gli avvolgimenti primario e secondario, infatti, devono essere isolati – mentre la seconda è di elevare o ridurre la tensione, con perdite relativamente basse.

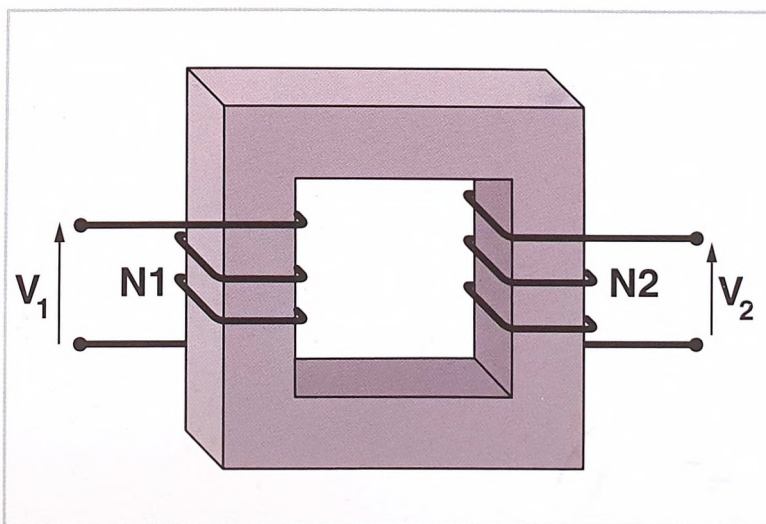
Il nucleo

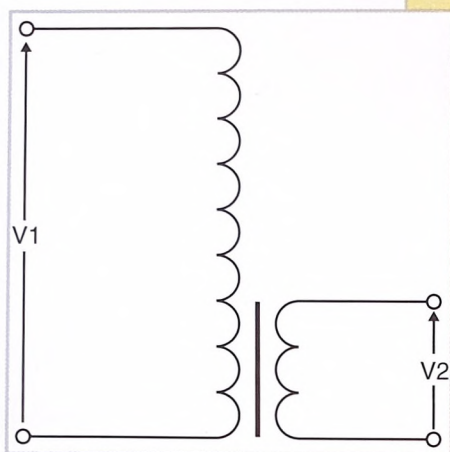
Il nucleo dei trasformatori è costituito da lamierini di materiale ferromagnetico, in modo da evitare attraverso il nucleo la circolazione di correnti interne che produrrebbero un suo inutile surriscaldamento. Sono, solitamente, di ferro, con piccole quantità di silicio e hanno di norma uno spessore minimo di 0,35 mm. Per limitare la circolazione delle correnti interne – dette correnti di Foucault – sono ricoperti di una vernice isolante. Si utilizzano anche nuclei di ferrite e toroidali. La tipologia del nucleo dipende, tra le altre cose, anche dalla potenza del trasformatore in cui sarà inserito.

Rendimento

Parte della potenza erogata al trasformatore non raggiunge il carico; si perde, solitamente, sotto forma di calore. Il rendimento è il quoziente tra la potenza erogata dal secondario divisa per la potenza applicata al primario. Il rendimento massimo è l'unità.

Tipologie di trasformatori

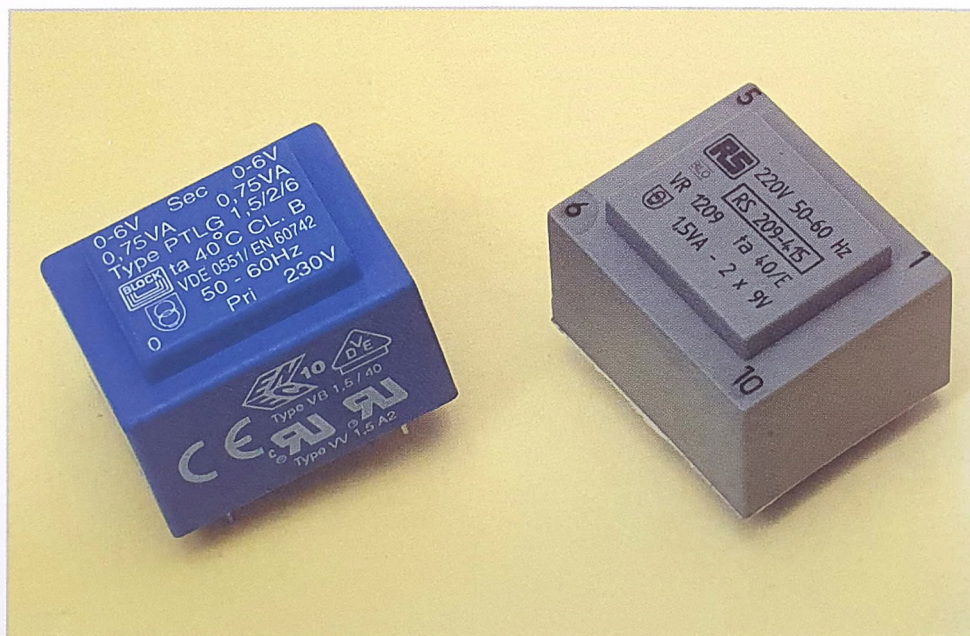
Esiste una notevole varietà di trasformatori; essa dipende principalmente dalla loro futura applicazione. I trasformatori più comuni sono quelli d'alimentazione, di cui abbiamo già descritto le caratteristiche. Un altro tipo molto importante sono i trasformatori di RF, utilizzati soprattutto nelle radio,

Il trasformatore è formato da un nucleo in materiale ferromagnetico e, come minimo, da due avvolgimenti.

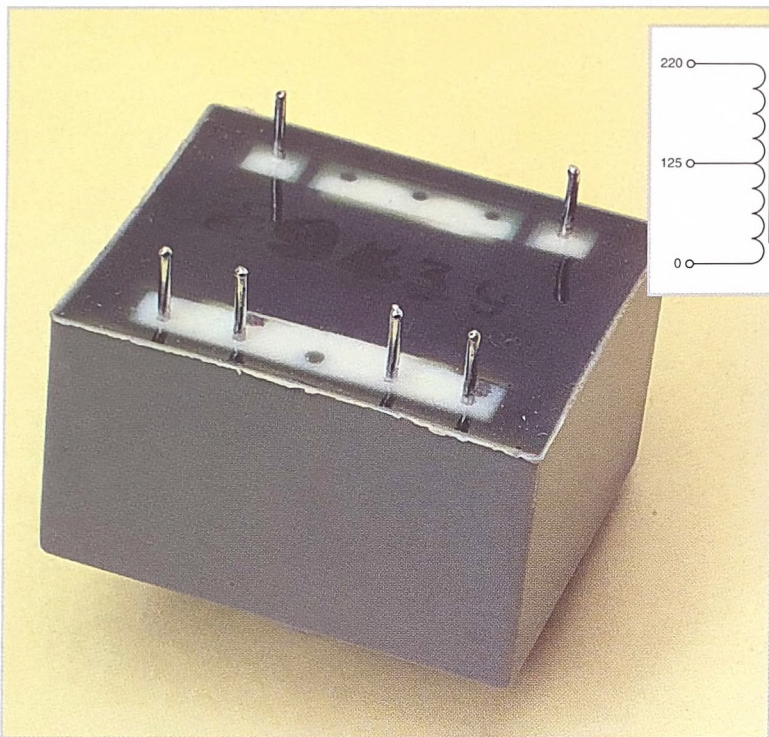
I trasformatori

Il rapporto di trasformazione è uguale alla relazione tra spire e tra tensioni.

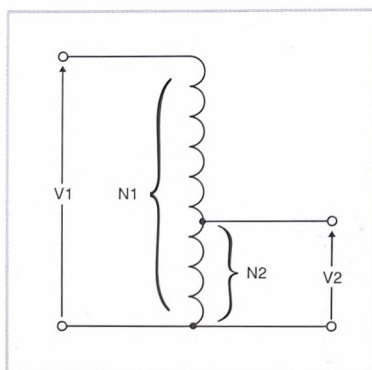
Trasformatore toroidale: ha, come vantaggio, la sua altezza ridotta.

chiamati in gergo tecnico "bobine", e vengono usati per accoppiare tra di loro i diversi stadi oppure per miscelare dei segnali. I trasformatori audio sono impiegati negli stadi di ingresso audio dei microfoni delle apparecchiature professionali. Vengono usati anche trasformatori di misura per poter visualizzare dei segnali o poter pilotare gli amperometri.

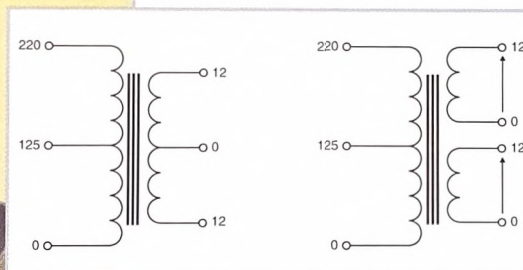
Autotrasformatori

Gli autotrasformatori vengono usati di norma per basse potenze di trasformazione. Possiedono come precipua caratteristica il fatto che l'avvolgimento del secondario è una parte del primario e viceversa. In realtà possiedono un solo avvolgimento con diverse prese; in questo modo si riesce a economizzare il filo di rame e pesano anche di meno. Hanno, però,

Trasformatori adatti per essere utilizzati nei circuiti stampati.

I trasformatori

Trasformatore con terminali adatti per essere saldati su circuito stampato.

un inconveniente perché l'avvolgimento primario è condiviso con il secondario; dobbiamo tenere sempre presente che non esiste isolamento elettrico fra i due avvolgimenti e quindi una fase della tensione è sempre presente sul secondario.

L'autotrasformatore non ha isolamento elettrico tra primario e secondario.

Trasformatori di alimentazione

Quando dobbiamo usare un trasformatore di alimentazione, dovremo calcolare accuratamente la potenza massima e

L'avvolgimento secondario di un trasformatore, può avere più avvolgimenti separati.

la corrente che dovrà circolare nell'avvolgimento secondario. Questo ci eviterà di sovradimensionare il trasformatore aggiungendo peso ed ingombro, ci permetterà inoltre di calcolare il diametro del filo dell'avvolgimento ed il numero delle spire necessarie per ottenere il giusto rapporto di trasformazione. Alcuni trasformatori riportano su una targhetta fornita dal costruttore le caratteristiche relative alla tensione di ingresso e quella di uscita, nonché alla potenza disponibile (VA). E' buona norma al momento del calcolo del trasformatore tener conto di un sovradimensionamento pari al 30%.

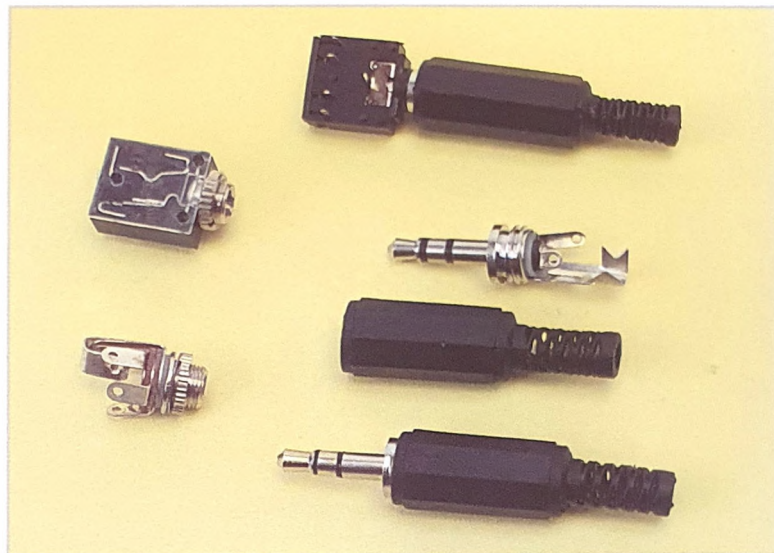
Tipici trasformatori utilizzati in radiofrequenza.

I connettori

Il connettore ha il compito di garantire una connessione, o una sconnessione, di circuiti rapida e sicura.

I connettori si utilizzano quando si prevede di smontare i circuiti, sia per ampliarli che per ridurli, o per ripararli. Esistono molte e diverse situazioni di utilizzo e, quindi, molte tipologie di connettori. Il computer ne costituisce un esempio attuale: è composto da molti connettori estremamente diversi tra loro.

Li elencheremo subito per non correre il rischio di dimenticarne qualcuno: connettore d'alimentazione, connettore della tastiera, del mouse, della stampante, del modem, degli altoparlanti, del microfono, della linea telefonica, del monitor eccetera e stiamo parlando soltanto di quelli esterni al computer.

Aprendolo, troviamo: le connessioni della piastra madre per i circuiti di ampliamento, i connettori per il disco fisso, per i floppy disc, per i CD-ROM eccetera. Possiamo fare questo stesso elenco per qualsiasi apparecchiatura.

Connettori tipo jack; viene molto utilizzato nelle apparecchiature audio di utilizzo domestico.

Possibilità di sostituzione dei componenti guasti

Dopo aver brevemente ripassato la quantità di connettori all'interno di un computer, vediamo che in realtà si tratta di un notevole vantaggio, perché qualunque elemento si guasti, può venire rapidamente sostituito senza dover ricorrere a un saldatore. Anche l'eventuale ampliamento di un'apparecchiatura viene notevolmente facilitato. Attualmente, la tendenza è di progettare le apparecchiature affinché siano il più possibile modulari.

Dettaglio di un connettore mostrato con le sue parti interne.

Caratteristiche di base

Un connettore può essere caratterizzato in molti modi e con parecchi parametri; ne descriveremo alcuni più diffusi nello standard. Ci sono diversi tipi di connettori; quindi di seguito ci concentreremo su quelli che hanno poche connessioni e che sono di utilizzo corrente all'interno di un appartamento.

Isolamento

L'isolamento è necessario sia per un buon funzionamento dell'apparecchiatura che per sicurezza. L'isolamento deve

I connettori

Questo tipo di connettore in genere possiede un commutatore – o due se è stereo – per commutare uno o due circuiti quando viene inserito il connettore maschio.

essere misurato tra la carcassa del connettore e ciascuno dei terminali, se sono più di uno, e anche tra ogni terminale e gli altri. Per connettori di normale utilizzo in elettronica si esige un minimo di 500 Volt.

La corrente

La sezione di ciascun terminale del connettore deve essere adeguata alla massima corrente che vi deve circolare attraverso.

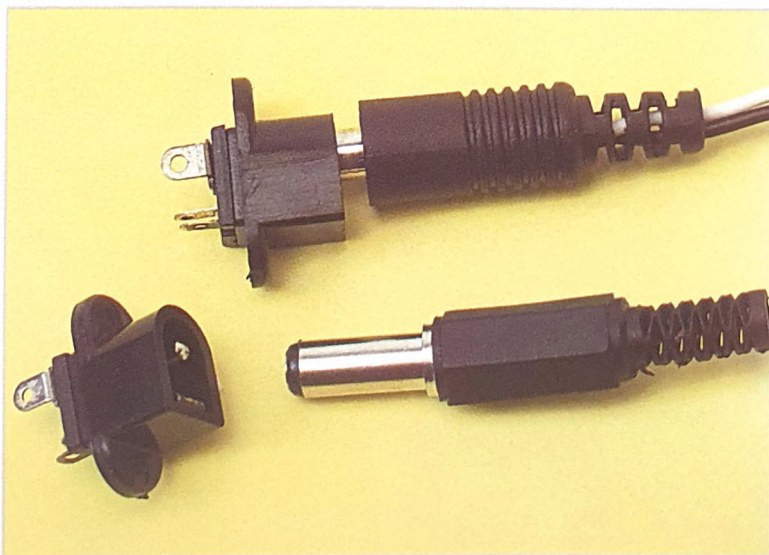
La resistenza di contatto

Un connettore ha normalmente una o più parti conduttrici denominate "contatti" che si allacciano alle corrispondenti parti di un omologo connettore. Vengono chiamati terminali maschio e femmina. Il contatto elettrico deve essere garantito; lo si garantisce in due modi: utilizzando un buon conduttore per i contatti oppure ricoprendolo di un metallo o di una lega ad alta conduttività. I connettori professionali hanno generalmente un sottile strato d'oro realizzato solitamente tramite procedimenti elettrolitici.

Questo strato ha anche il compito di proteggere dalla corrosione che facilitando la formazione degli ossidi metallici renderebbero difficile la circolazione della corrente.

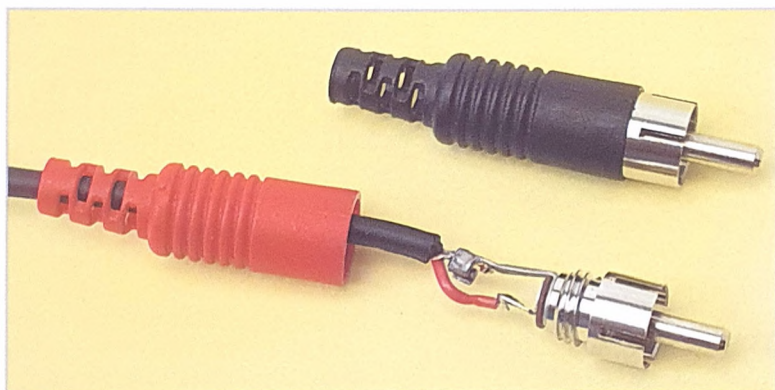
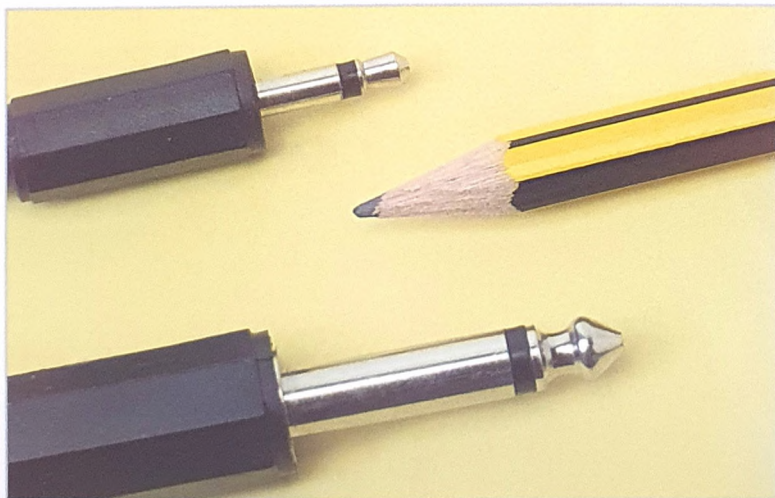
La resistenza meccanica

La resistenza meccanica di un contatto può venire analizzata da due punti di vista: innanzitutto che non si rompa dopo alcune connessioni e quindi non si guasti e non perda le caratteristiche iniziali. Ma prima di prendere in considerazione questo fattore, bisogna valutare l'uso a cui è destinato un connettore e il numero di connessioni e sconnessioni che si sia deciso di effettuare.

Esistono connettori che si possono collegare 3 o 4 volte durante la loro vita utile, mentre gli altri devono sop-

Questo connettore d'alimentazione è molto utilizzato nelle apparecchiature di origine nipponica.

I connettori

Connettori DIN per altoparlanti.

Connettori RCA da pannello, usati sugli impianti HI-FI.

Connettori RCA maschi per il collegamento fra varie apparecchiature HI-FI.

I connettori del tipo jack possono avere diversi diametri, i più usati sono quelli da 3,5 mm di diametro.

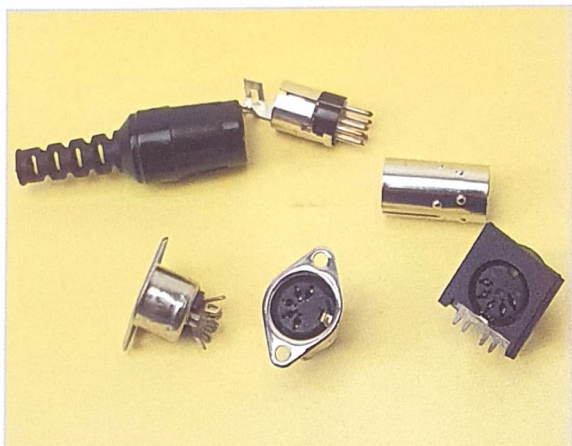
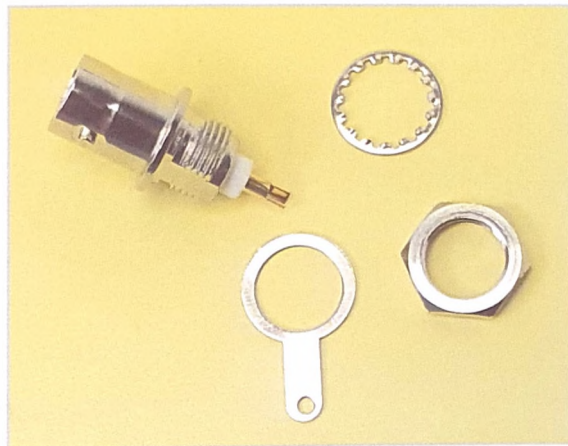
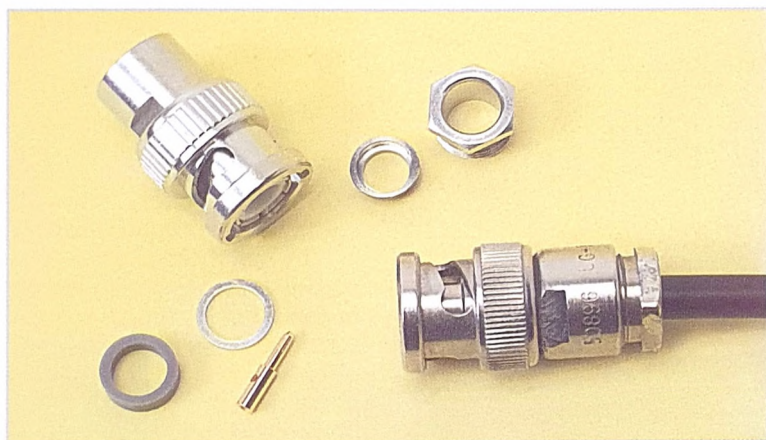
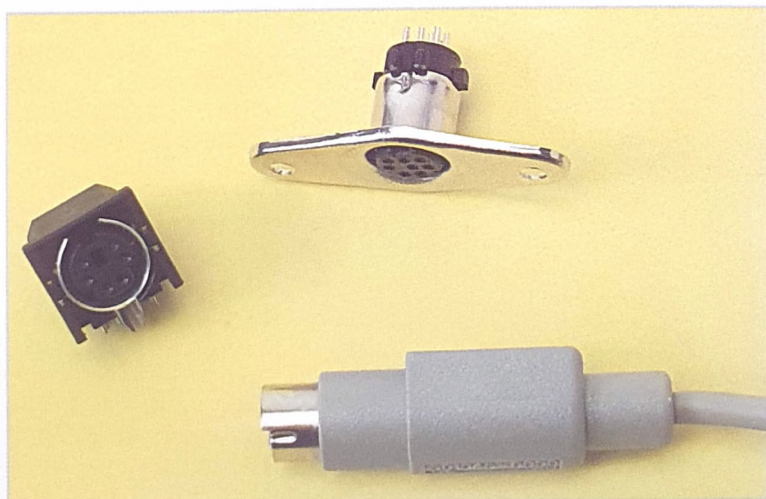
portare connessioni e sconnessioni continue.

La normativa

Molte sono le norme che definiscono i connettori, ma si sta andando sempre più verso la normalizzazione, tuttavia la circolazione degli apparecchi nei diversi paesi può provocare problemi di connessione e obbligarci a utilizzare cavi di adattamento. I gruppi audio di quasi tutti gli apparecchi ad alta fedeltà hanno alle entrate e alle uscite connettori RCA, per i caschi auricolari si usano connettori di tipo jack, le prese dell'antenna della TV sono anch'esse normalizzate, come quelle del telefono eccetera.

Connettori RCA

È un connettore concentrico: il connettore esterno va normalmente unito alla massa dell'apparecchiatura, la maglia del cavo sarà collegata col lato esterno, mentre il filo interno sarà collegato al "lato caldo". La sua origine deriva dall'uso sugli apparecchi nordamericani, ma ora si è esteso

I connettori

Connettori DIN: si usano nel settore audio e nelle connessioni delle tastiere dei computer.

Connettore BNC femmina a pannello.

Connettore BNC maschio.

Connettore MINIDIN: si utilizza per connessioni di tastiere e mouse.

a livello mondiale ed è quello che viene normalmente utilizzato per l'entrata e l'uscita del segnale a basso livello negli apparecchi audio. Nelle apparecchiature si utilizzano solitamente basi femmina e i cavi di connessione sono schermati e terminano con connettori maschio a tutte e due le estremità. Si usano anche nelle console video oltre che in altre applicazioni che richiedono l'ingresso di un segnale video. Il suo uso è molto diffuso ed economico.

Connettori di tipo Jack

Anch'essi sono nati nel Nord America e vengono usati nelle uscite per gli auricolari e nelle entrate dei microfoni delle apparecchiature domestiche; possono essere di tipo mono e di tipo stereo e di tre differenti diametri, ma quello da 3,5 mm è il più comune. Nelle femmine possono essere inclusi uno o due commutatori per l'apertura di un circuito, per scollegare ad esempio gli altoparlanti quando si collega il connettore degli auricolari.

I circuiti integrati

Il circuito integrato è un componente che al proprio interno contiene dei transistor.

Il circuito integrato viene studiato sempre più rispetto ai terminali esterni, viene considerato come una scatola nera che si comporta in un determinato modo quando viene collegata in un determinato modo; i comportamenti e le specifiche di collegamento devono essere specificati dal costruttore. I vecchi cataloghi di circuiti integrati mostravano degli schemi interni abbastanza completi; questi ultimi si sono via via semplificati fino a scomparire in quasi tutti i casi.

Si continuano a fornire, però, le informazioni sui loro parametri, sui circuiti raccomandati, sui diagrammi dei segnali, sulle tabelle eccetera.

Ingrandimento dell'interno di un Pentium, della Intel.

Tipologie di circuiti integrati

Esiste una notevole varietà di circuiti integrati che possono venire classificati in diverse maniere. Una di queste possibili classificazioni è quella secondo il livello di integrazione, cioè secondo il numero di transistor contenuti. Un'altra è secondo la tecnologia utilizzata: bipolare, CMOS eccetera.

Quella più pratica per noi, però, è quella secondo la modalità di utilizzo e la destinazione d'uso, come viene detto qui di seguito. Utilizzeremo la dicitura C.I. per riferirci al circuito integrato.

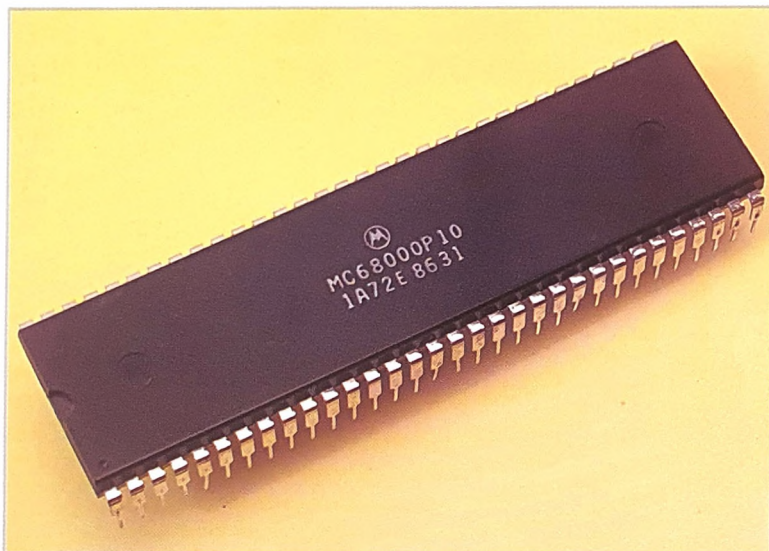
Microprocessore 486.

C.I. analogici

Le tensioni di entrata e di uscita sono, in genere, analogiche e sono tipiche dei circuiti a bassa scala d'integrazione. I più conosciuti sono gli amplificatori operazionali, come: 741, TL082, LM324, TL084 eccetera. Anche i regolatori di tensione, come 7812, 7805, L200 eccetera, sono molto utilizzati.

C.I. digitali

All'interno di questa classificazione esiste una notevole varietà di circuiti.

I più semplici sono le porte logiche, che a loro volta si dividono a seconda della tecnologia di fabbricazione, nelle famiglie logiche. La prima famiglia logica che conseguì un utilizzo generalizzato è stata la Famiglia TTL (Transistor-Transistor-Logic). I loro circuiti possono essere facilmente identificati perché hanno 4 o 5 cifre,

Microprocessore 68000 della Motorola.

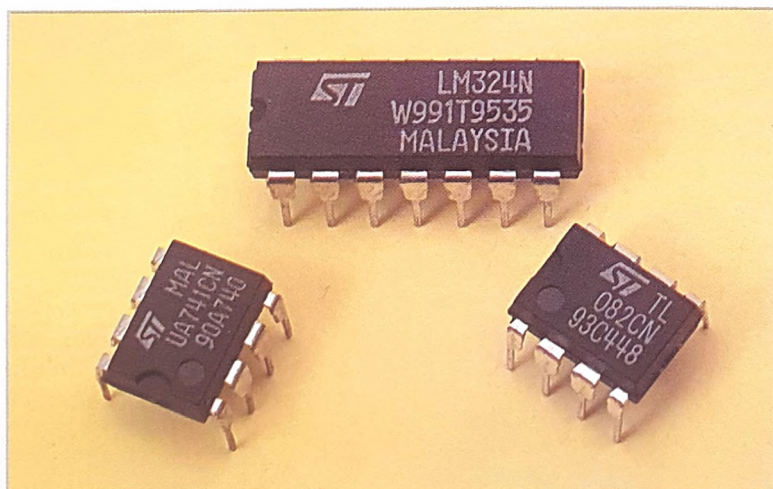
in cui le prime due sono sempre il 7 e il 4, per esempio 7400, 7490 eccetera. Questi circuiti integrati sono formati da un insieme di porte e costituiscono dei blocchi funzionali, per esempio porte NAND, contatori, registri di spostamento eccetera. La famiglia originale aveva il vantaggio di essere abbastanza veloce per la sua epoca, ma aveva anche l'inconveniente di avere un consumo elevato. Poco dopo iniziarono ad apparire delle varianti come la TTL Schottky, raggiungendo così una maggior velocità di commutazione. Per distinguere questa variante viene intercalata la lettera "S" dopo la cifra 74, indica che il circuito è a basso consumo identificando con la lettera "L" e con la lettera "S" Schottky porta ambedue le lettere – 74LS – seguite da 2 o 3 cifre che completano il codice. Anche la famiglia 4000 con tecnologia CMOS fu molto conosciuta, ma era più lenta della TTL, anche se aveva un consumo molto ridotto però continua ad essere molto utilizzata.

Attualmente si utilizzano le famiglie 74HC e 74HCT che possiedono i vantaggi di tutte e due.

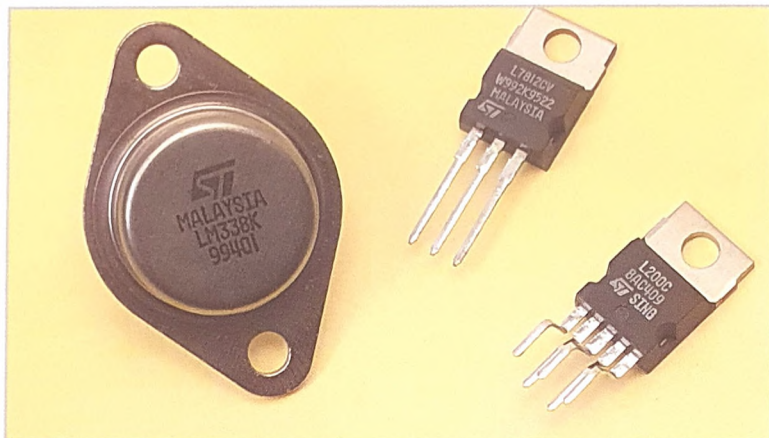
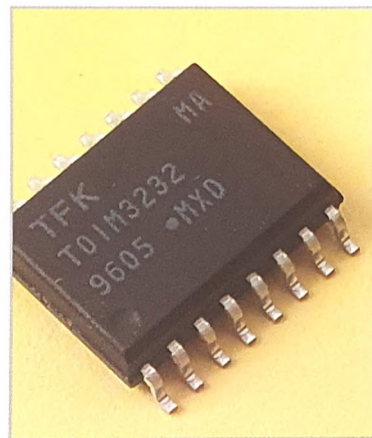
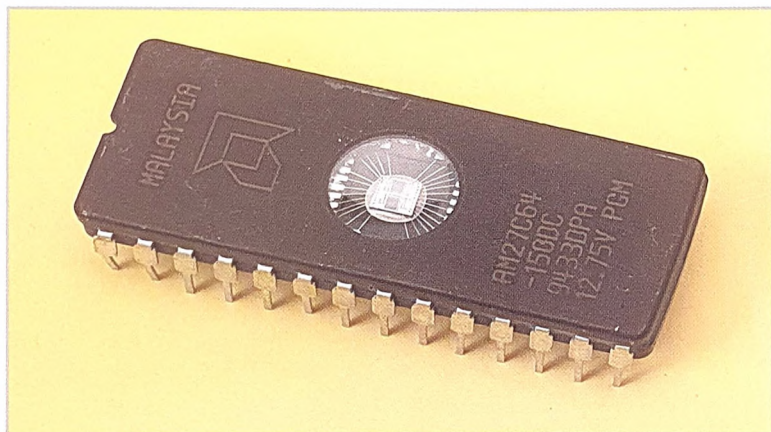
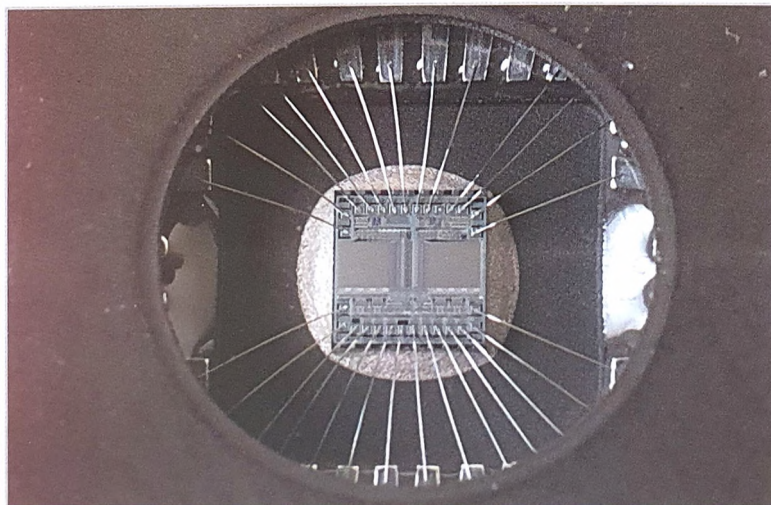
Le memorie

Le memorie sono circuiti digitali ad alta scala di integrazione: ogni volta si riesce a inserire sempre più memoria in volumi sempre più piccoli. Le memorie RAM si cancellano quando si toglie l'alimentazione; attualmente, sui personal computer si raccomandano come minimo 64M: fino a pochi anni fa il sistema operativo DOS controllava solamente 640 K.

Le memorie per sola lettura ROM vengono utilizzate per registrare dati fissi; una volta registrata, la memoria non può più essere cancellata.

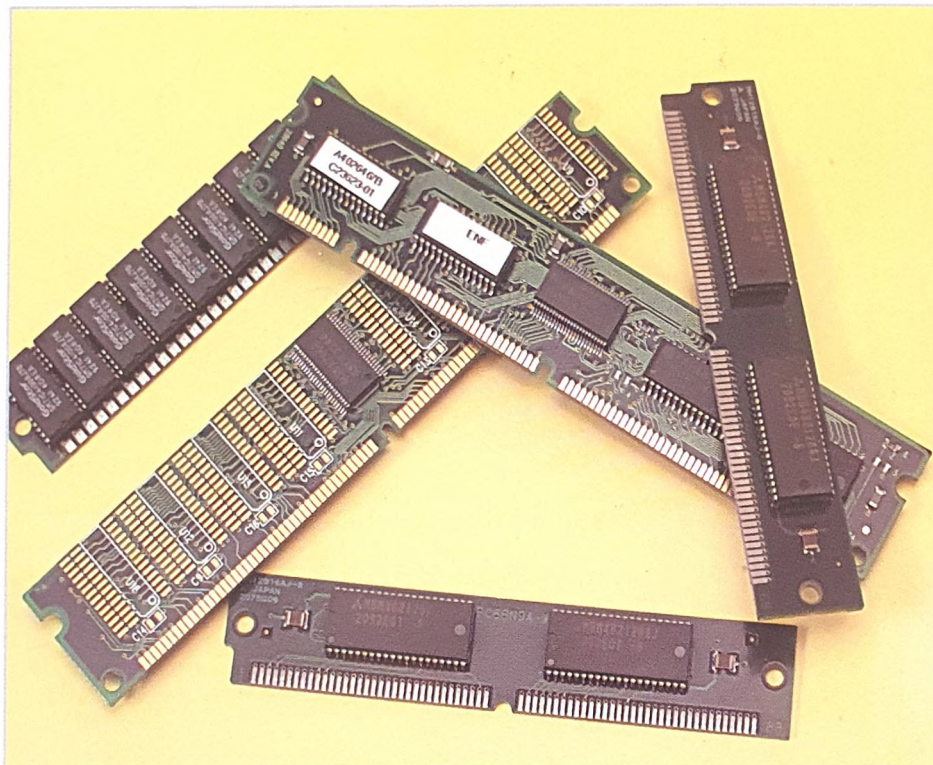
Le EPROM possono essere registrate e cancellate e per

Circuiti integrati operazionali di utilizzo frequente, con contenitore DIL.

Circuito integrato con capsula metallica.

I circuiti integrati

Circuiti integrati regolatori di tensione.

Anche i circuiti integrati si costruiscono con i terminali per SMD.

Memoria EPROM.

Interno della memoria EPROM visto dalla finestra trasparente; è possibile vedere i sottili fili di connessione ai terminali.

conservare le informazioni non è necessario che venga mantenuta l'alimentazione; possiedono una finestra che permette la cancellazione per mezzo della luce ultravioletta.

Microprocessori

I microprocessori sono circuiti integrati molto complessi e vengono fondamentalmente utilizzati per circuiti di controllo, soprattutto microcontrollori e personal computer. I più conosciuti sono lo Z80 e l'8086, che erano il cuore dei primi PC (Personal Computer) della IBM e quelli della XT. In seguito apparve l'80286 della AT, che i più giovani possono difficilmente ricordare e che supportarono la grande rivoluzione nei personal computer, cui seguirono i 386, i 486 e attualmente i Pentium, i Pentium 2 e i Pentium 3 con cui si è riusciti a raggiungere capacità di calcolo e velocità impensabili fino a pochi decenni fa. Sono interessanti anche i microprocessori integrati che vengono utilizzati in una vasta gamma di applicazioni, an-

Le memorie costituiscono un evidente esempio dei circuiti ad alta scala di integrazione.

che se nella maggior parte dei casi passano inosservati come nei televisori, nelle lavatrici, nelle lavastoviglie, negli ascensori eccetera.

I personal computer

I personal computer, oltre ai microprocessori e alle memorie, possiedono una gran quantità di circuiti ad alta scala di integrazione; li possiamo vedere aprendone qualcuno.

Circuiti speciali

Oltre ai circuiti di uso generale prima descritti, vengono utilizzati anche altri circuiti molto specializzati per applicazioni molto determinate: lo si fa quando la quantità di circuiti da utilizzare è elevata e ciò rende economicamente redditizio il progetto e la fabbricazione di un nuovo circuito integrato. In questo modo possiamo trovare speciali circuiti integrati per la telefonia mobile, per i ricevitori TV, per i telecomandi, per controllare l'accensione del motore di espulsione di un'automobile eccetera.

Vengono integrati anche dei circuiti convertitori analogico-digitali o viceversa.

Il progetto su misura

Possiamo fare anche un'altra classificazione dei circuiti speciali. I circuiti che progettano i costruttori di circuiti integrati e quelli che inseriscono nei loro cataloghi per venderli ai costruttori di apparecchiature e al pubblico in genere e che normalmente vengono costruiti esclusivamente per un cliente o per chi sia autorizzato a questo scopo. In gergo si chiamano Custom Design. Questo tipo di circuiti si utilizza di norma per i grandi numeri delle fabbricazioni, così da poter ammortizzare l'inversione.

I dissipatori

Sono elementi, normalmente metallici, che vengono inseriti sui componenti elettronici per aumentarne la capacità di dissipazione riducendo il calore prodotto.

Il dissipatore, proprio come dice il suo nome, viene utilizzato per dissipare il calore; possono anche essere chiamati radiatori. Sono dei dispositivi addizionali che vengono usati per aumentare la capacità di dissipazione dei componenti elettronici.

La temperatura

Quando un componente riceve più energia di quanta ne possa eliminare, genera calore e, se non lo dissipa, si produce un aumento di temperatura. Se quest'ultima supera determinati limiti, può anche guastare il componente stesso, oltre ai componenti vicini oppure far sì che il componente abbia dei comportamenti che non sono consoni alle sue caratteristiche.

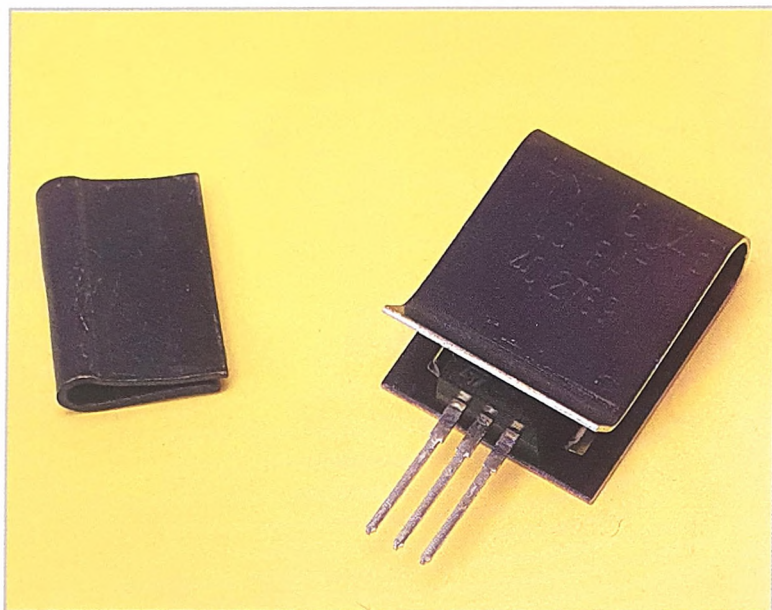
Microprocessore 486 con dissipatore di calore.

Conduzione

Uno dei modi più veloci per dissipare calore è quello di avvicinare e attaccare un materiale più freddo e buon conduttore. Il calore viene dissipato per contatto. Lo si ottiene con i metalli, come il rame o l'alluminio, anche se di norma si utilizza quest'ultimo per vari motivi: perché è un buon conduttore di calore, è leggero, e quindi non aumenta il peso delle apparecchiature, ed è facile da stampare. Inoltre, è abbastanza resistente alla corrosione e si può aumentare il suo potere di dissipazione anodizzandolo, di solito in nero, se si possono utilizzare anche altre finiture con cui possiamo ottenere qualunque colore. Per rendere stabile il contatto tra il componente e il dissipatore, si devono utilizzare delle viti oppure un qualunque altro tipo di fissaggio sicuro, per evitare che i due elementi si separino. Esistono anche dei composti siliconici che si usano per favorire lo scambio termico.

Esistono anche dei radiatori da accoppiare a piccoli transistor.

Isolamento

I componenti hanno, in genere, diversi terminali e si deve evitare che facciano contatto con il radiatore, perché altri-

I dissipatori

Quando non sia necessario dissipare una grande quantità di calore, si possono utilizzare dei dissipatori del tipo "a pinza", che hanno il vantaggio di essere velocemente installabili.

menti potrebbero provocare delle avarie dovute a cortocircuito. Il contenitore di alcuni componenti è collegato a qualche loro terminale; l'esempio più famoso è costituito dai transistor di potenza 2N3055, che, apparentemente, ha solamente due terminali – base ed emettitore – perché il collettore è collegato di fatto al suo contenitore. Se avvitiamo alcuni di questi transistor su un medesimo dissipatore, provocheremo fra i loro collettori un cortocircuito.

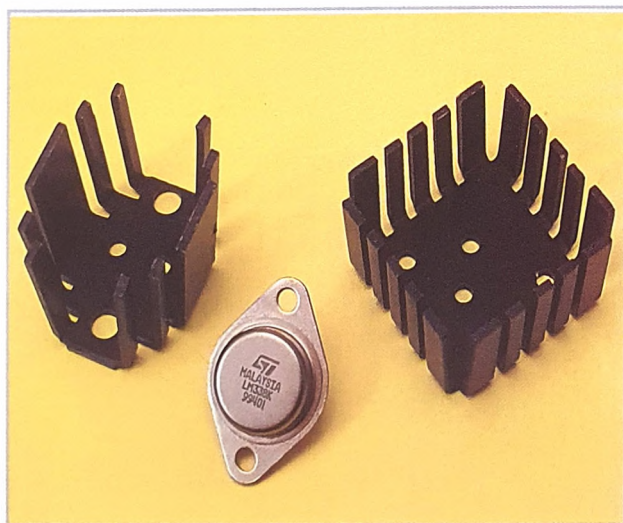
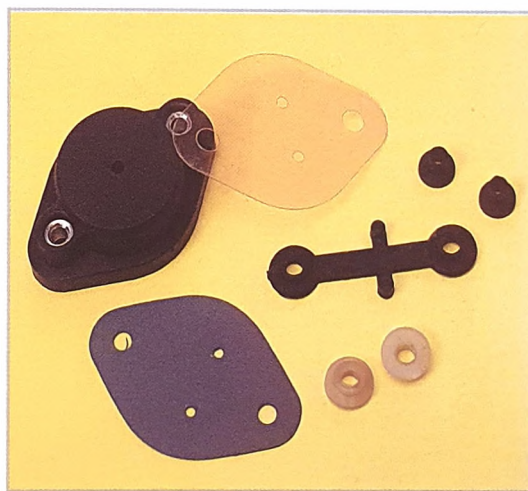
Isolanti

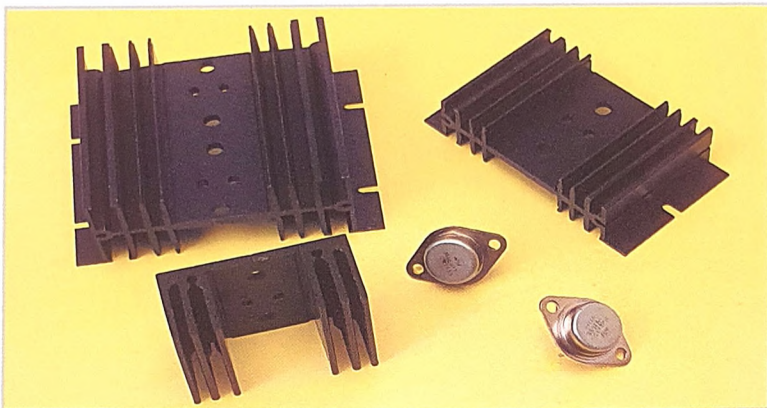
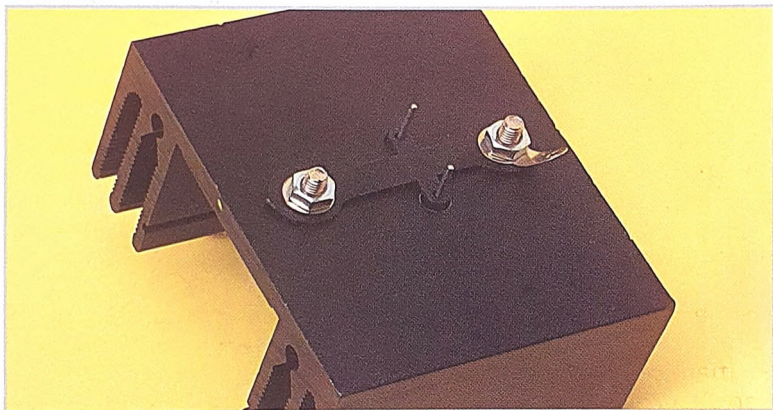
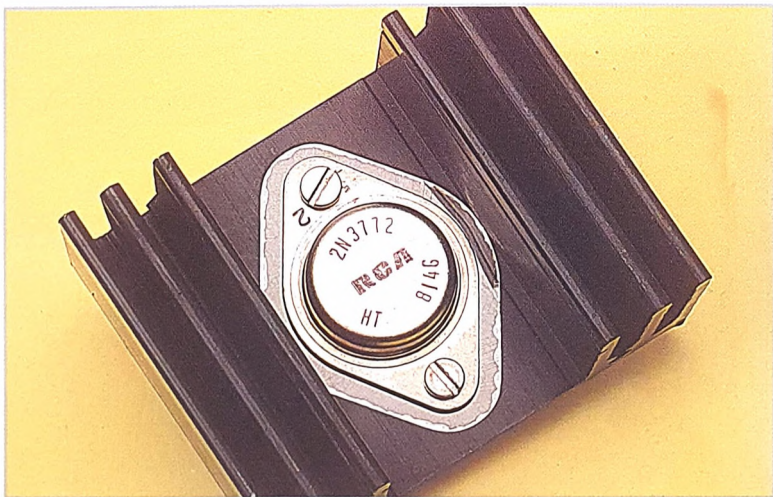
Ci sono, essenzialmente, due tipi di accessori isolanti per isolare nei dissipatori i componenti. Gli isolanti piatti sono di mica o silicone, devono garantire un buon isolamento elettrico, ma devono anche poter condurre ancora meglio il calore, avvalendosi, se necessario, di paste termoconduttrici.

L'altro tipo di accessori isolanti sono le bussole di plastica che evitano il contatto tra il componente e il dissipatore per mezzo delle viti di fissaggio.

Anodizzazione

L'anodizzazione è un trattamento cui viene sottoposto l'alluminio per proteggerne la superficie dalla corrosione, migliorandone, inoltre, l'estetica.

Dopo essere stato così trattato, l'alluminio può risultare del suo colore naturale oppure di altri colori, anche se, di norma, il colore nero è il più utilizzato. L'anodizzazione è un trattamento isolante e non conduce elettricità; si tratta di

Dissipatori per transistor di potenza TO-3.

Per installare correttamente un dissipatore, esiste una notevole varietà di accessori isolanti.

I dissipatori

Quando il transistor riceve una grande quantità di energia si devono utilizzare radiatori di grandi dimensioni per evitare che la sua temperatura salga.

Transistor di potenza installato in un radiatore. Si osservi la collocazione degli accessori isolanti.

Tra il corpo del transistor, unito direttamente al collettore, e il radiatore, viene posta una lamina che isola dall'elettricità.

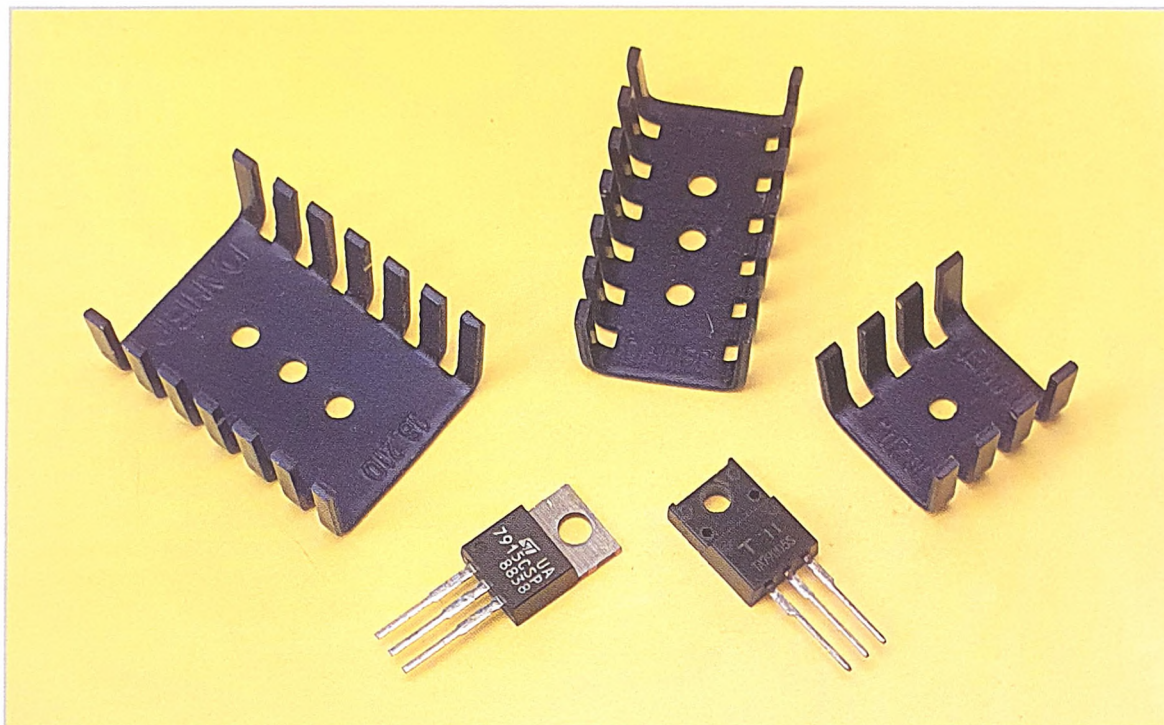
un sottile strato che può essere forato semplicemente avvitando una vite o graffiandone la superficie; non può essere utilizzato come isolante e si deve sempre, necessariamente, interporre del materiale isolante. L'unica eccezione si ha quando è possibile isolare tutto il dissipatore con dei componenti individuali, ma si deve fare molta attenzione con componenti quali i tiristors o i triacs, che possono essere direttamente collegati alla rete elettrica: potremmo ricevere una scarica elettrica, se cerchiamo di toccarli per verificarne la temperatura, e potrebbe farci prendere una scarica di corrente.

Dimensioni

Perché il dissipatore conduca bene il calore, deve avere un determinato spessore, soprattutto nella zona di contatto. A sua volta, però, anche il dissipatore deve dissipare calore e, solitamente, lo fa a contatto con l'aria. Uno dei modi è di far sì che l'aria si muova forzando la ventilazione e l'altro è quello di aumentare la superficie che è affacciata all'aria. Ciò ha portato alla realizzazione di profilati estrusi in alluminio molto complessi e con pochissimo peso e pochissimo materiale si è riusciti ad ottenere superfici di dissipazione enormi in volumi molto ridotti.

Convezione

L'aria circola per convezione: di norma l'aria calda sale e quella fredda scende e per rendere facile la circolazione dell'aria, le alette dei dissipatori devono essere collocate in

I dissipatori

Campioni di radiatori utilizzati nei transistor regolatori di media potenza.

posizione verticale, perché se venissero poste orizzontalmente, si interromperebbe, o si renderebbe difficile, la circolazione dell'aria al loro interno.

Circuiti integrati

Alcuni costruttori di circuiti integrati raccomandano determinati tipi di dissipatori, a seconda dell'applicazione a cui sono destinati. Questo dato è di notevole utilità, perché evita, o facilita, la realizzazione dei calcoli per l'utilizzo del dissipatore. Sono elementi molto passivi che non fanno parte del circuito elettrico, ma che diventano indispensabili in molte situazioni.

Amplificatore audio integrato, avvitato ad un radiatore.

Dissipazione

Quando il dissipatore, il componente o entrambi, raggiungono delle temperature elevate, questa differenza di temperatura rende facile la dissipazione del calore; tutto il radiatore si mette a "dissipare", appunto, calore all'aria. Quando un componente raggiunge un'alta temperatura, deve essere separato dagli altri componenti e dalla piastra del circuito stampato per evitare il verificarsi di eventuali avarie.

Connettori multipli

Le apparecchiature elettroniche sono, in genere, modulari; i vari moduli possono essere collegati utilizzando connettori multipli o altri dispositivi.

Il connettore multiplo deve assicurare un buon contatto in tutte le sue terminazioni; perché ciò avvenga, è necessario un perfetto allineamento tra le due parti del connettore che può essere garantito solamente da una perfetta costruzione di tutte le sue parti. In genere è necessario aggiungere altri pezzi che, direttamente o indirettamente, facilitano il suddetto allineamento.

Quando si utilizzano apparecchiature elettroniche di una certa complessità nasce la necessità di collegare simultaneamente vari segnali.

Tipologia

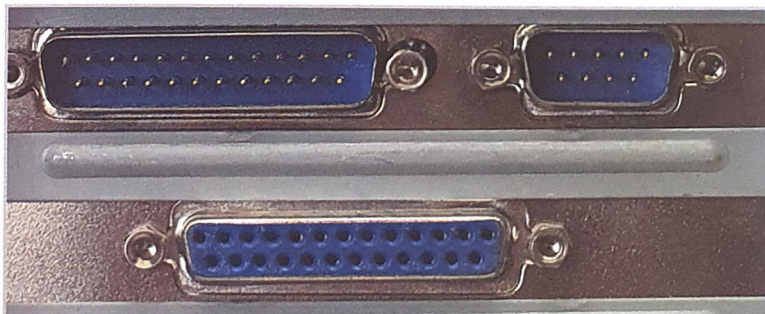
Esiste una notevole varietà di connettori; noi parleremo dei più comuni, che possiamo facilmente trovare dal momento che sono fabbricati da diverse case. Logicamente, esistono anche connettori speciali per apparecchiature militari, ferroviarie, aeree eccetera. Sono di qualità elevata, ma sono alla portata solamente delle persone che devono lavorare con esse e il loro notevole costo ne rende proibitivo l'utilizzo nelle applicazioni di apparecchi che funzionano in ambienti protetti, come un'officina o un appartamento.

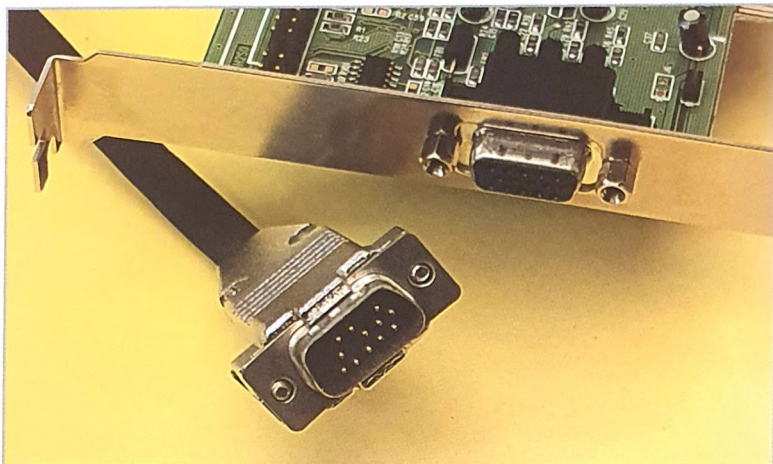
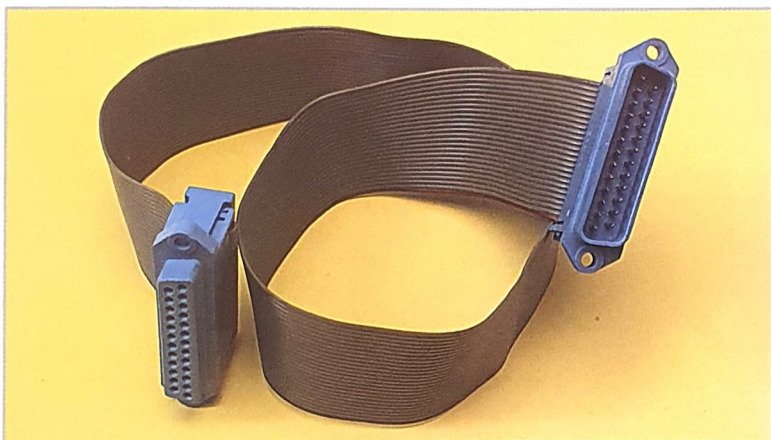
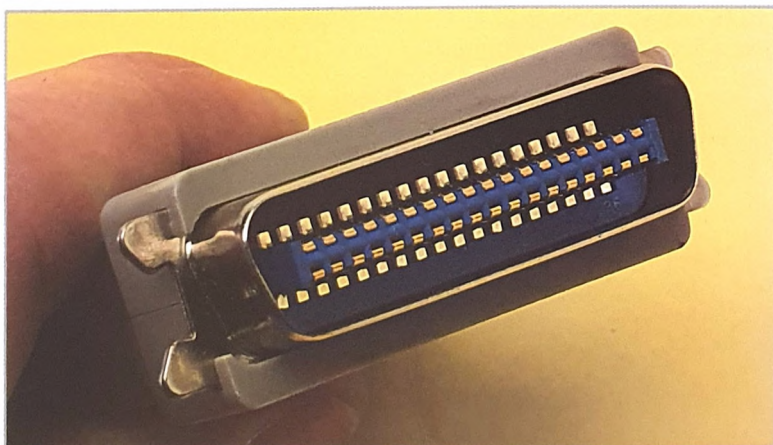
Connessione cilindrica

Una connessione, normalmente, utilizza due connettori, i cui terminali si infilano l'uno nell'altro così da garantire il contatto. I terminali d'uso più comune sono cilindrici, hanno una estremità a forma di cilindro con una punta smussata per facilitare la connessione con il terminale dell'altro connettore, nella parte posteriore di solito sono vuoti per introdurre il cavo di connessione che viene infilato per pressione, spingendolo con una speciale pinza o saldandolo. Questo tipo di terminale si chiama "maschio" e si connette con l'altro chiamato "femmina", avente la forma di un cilindro cavo, nel cui interno deve entrare il connettore maschio. Il connettore femmina ha normalmente i contatti con delle molle per potere garantire un buon contatto tra i terminali dei due connettori. Nella sua parte posteriore viene inserito il cavo di connessione.

Connettori del circuito stampato

In un circuito stampato si può utilizzare un qualsiasi connettore, sempre che i suoi terminali siano stati progettati per essere inseriti nei fori del circuito stampato. Invece di avere un dispositivo di inserimento cilindrico in cui andrebbe introdotto il cavo, hanno dei terminali diritti per il circuito stampato.

C'è, logicamente, anche un'altra possibile connessione, di cui ne sono comune esempio le piastre di ampliamento dei personal computer che si collegano ai bus della piastra madre. Nella piastra madre dei computer ci sono dei connettori a forma allargata con una

Connettori del tipo SUB-D da 9 terminali maschio, possono essere anche da 25 terminali maschio. La connessione della stampante ha 25 terminali femmina.

Connettori multipli

Il connettore per lo schermo VGA è di 25 terminali e di alta densità.

Cavo di prolunga per porta parallela con connettori maschio e femmina ai suoi estremi.

Connettore utilizzato fino ad ora in quasi tutte le stampanti collegate alle porte parallele.

CONNESSIONE PORTA SERIE DI PC	
Connettori a 25 terminali	
Terminale	**Segnale**
2	TD (Trasmetti dati) (Transmit Data)
3	RD (Ricevi dati) (Receive Data)
4	RTS (Richiesta di invio) (Request To Send)
5	CTS (Libero per l'invio?) (Clear To Send)
6	DSR (Set dei dati pronto) (Data Set Ready)
7	GND (Massa) (Ground)
8	DCD (Rilevatore della portante dei dati) (Data Carry detect)
20	DTR (Terminale dei dati pronto) (Data Terminal Ready)
22	RING

CONNESSIONE PORTA SERIE DI PC	
Connettori a 9 terminali	
Terminale	**Segnale**
1	DCD (Rilevatore della portante dei dati) (Data Carry detect)
2	RD (Ricevi dati) (Receive Data)
3	TD (Trasmetti dati) (Transmit Data)
4	DTR (Terminale dei dati pronto) (Data Terminal Ready)
5	GND (Massa) (Ground)
6	DSR (Set dei dati pronto) (Data Set Ready)
7	RTS (Richiesta di invio) (Request To Send)
8	CTS (Libero per l'invio?) (Clear to send)
9	RING

scanalatura larga circa 1,5 millimetri, con una fila di contatti disposti sui due lati della scanalatura. Ciascun contatto oltre ad avere un'ottima qualità da un punto di vista elettrico, per garantire un contatto a bassa resistenza, deve agire come una piccola molla per facilitare il contatto con l'altra parte del connettore. Questa parte si forma quando viene costruito il circuito stampato, prolungandone le piste che sarà necessario collegare. Per migliorarne il contatto, si applica una ricopertura elettrolitica d'oro, che oltre ad abbassare la resistenza, è un'eccellente protezione contro la corrosione.

Connettori multipli

PORTA PARALLELA DEL PC			
Piedino	Segnale	Piedino	Segnale
1	STROBE	14	AUTO FEED
2	DATA0	15	ERR
3	DATA1	16	INIT
4	DATA2	17	SLIN
5	DATA3	18	GND
6	DATA4	19	GND
7	DATA5	20	GND
8	DATA6	21	GND
9	DATA7	22	GND
10	ACK	23	GND
11	BUSY	24	GND
12	PE	25	GND
13	SELECT		

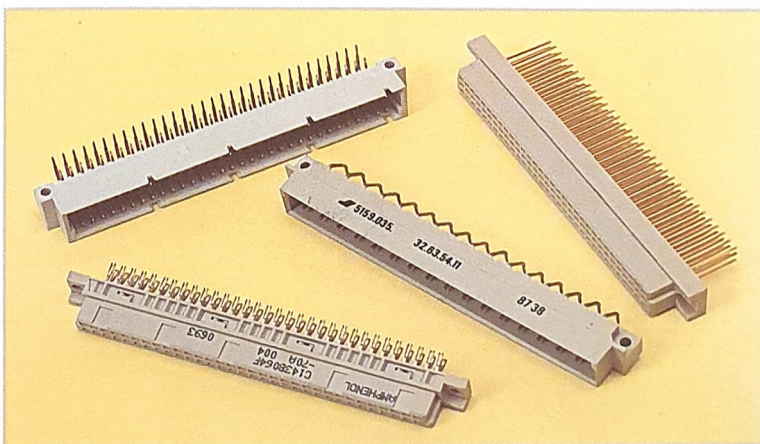
I connettori più utilizzati nelle applicazioni commerciali hanno i terminali saldati o sono pinzati in un cavo piatto, quest'ultima versione ha una protezione isolante.

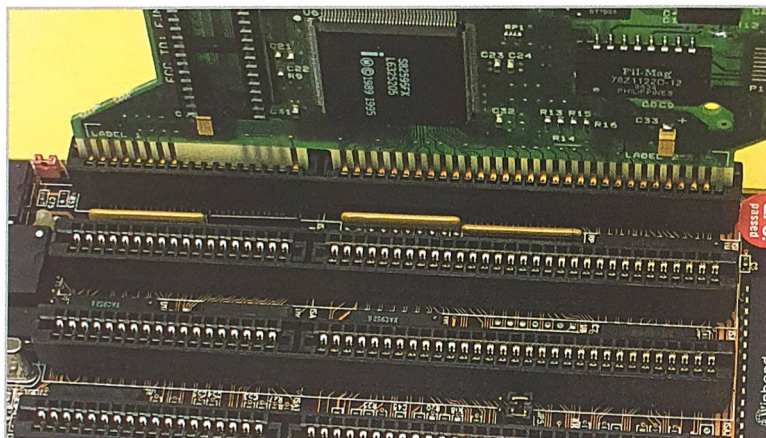
Cavi

Sono stati menzionati due modi di collegare i cavi ai terminali dei connettori. Uno mediante saldatura e l'altro per pressione, utilizzando terminali progettati soprattutto per questo tipo di connessioni e, cosa importante, attraverso un'attrezzatura adeguata per chiudere il terminale.

Questo tipo di attrezzatura è normalmente indicata dal costruttore di ogni terminale e deve essere adatta al tipo di terminale: i terminali realizzati da case diverse, infatti, normalmente non sono intercambiabili.

Un altro tipo di connessione è quella che si utilizza nei cavi piatti: vengono chiamate connessioni per spostamento dell'isolante e in essi ogni terminale è aperto e ha la forma di un coltello: nella sua parte centrale è fissato il conduttore al quale nel momento dell'inserimento viene tagliata la protezione isolante del cavo permettendo quindi un buon contatto. Come vantaggio si collega tutto il cavo piatto in una sola volta e senza spelarlo: basta inserirlo ben centrato e stringerlo

Euroconnettore (SCART) utilizzato nelle apparecchiature domestiche video e TV. Nello stesso connettore sono presenti i segnali video e audio, questi ultimi con i due canali stereo, sia in entrata che in uscita.

Connettore del tipo Europa: permette un notevole numero di connessioni in uno spazio ridotto e viene usato principalmente per la connessione di supporti magnetici alla scheda madre, in cui viene collocato un altro connettore.

Connettori multipli

Piastra interna del PC, la connessione al BUS ISA si realizza con un connettore sulla scheda madre, che è saldato direttamente sul circuito stampato.

con una pinza sul connettore perché ogni conduttore risulti fissato e collegato.

Tensioni e correnti

Come per un singolo conduttore, si devono conoscere quali correnti circoleranno nei suoi terminali e quali tensioni massime è in grado di sopportare, oltre alla massima tensione sopportata dal connettore, per evitare che gli archi tra i punti di connessione vicini o tra questi ultimi per effetto di surriscaldamenti si deformino.

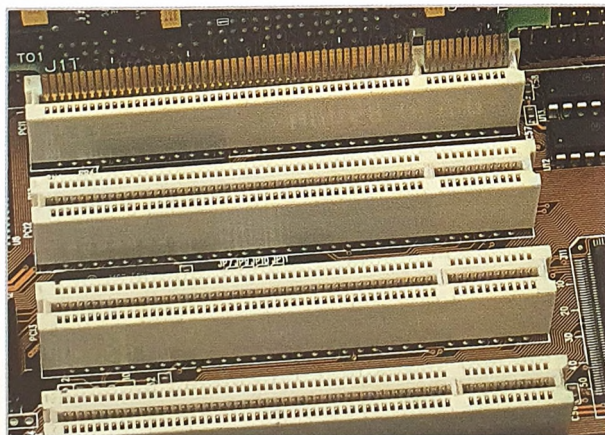
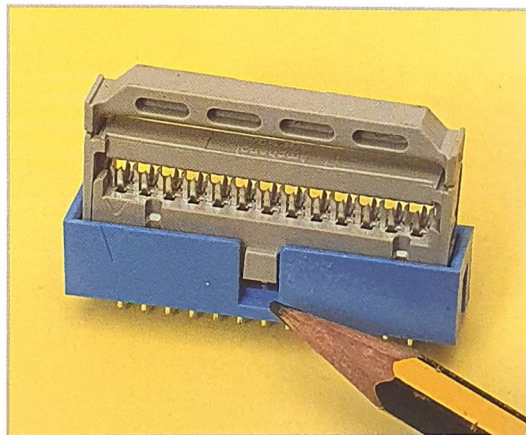
Utilizzo

Il fabbricante solitamente indica il tipo di utilizzo e il numero di cicli di connessione e sconnessione che il connettore è in grado di sopportare.

Ci sono connettori che a causa della loro posizione possono venire collegati solamente una decina di volte in tutta la loro vita utile, per cui non dovranno sopportare molte inserzioni e scollegamenti. Evidentemente, un connettore che si scollega giornalmente per diversi anni, deve avere una resistenza meccanica adeguata alle continue inserzioni, oltre a dover essere dotati di una buon involucro che stringa per bene il cavo di connessione, nel caso in cui si tratti di un connettore per cavi.

I connettori multipli hanno l'inconveniente che si rende necessario esercitare una considerevole forza per connetterli, perché bisogna vincere la forza delle molle che premono ciascun terminale, nel caso di un cattivo contatto di uno di essi, normalmente, quando li si collega o scollega, non si nota, se non per il guasto dell'apparecchiatura stessa.

L'euroconnettore

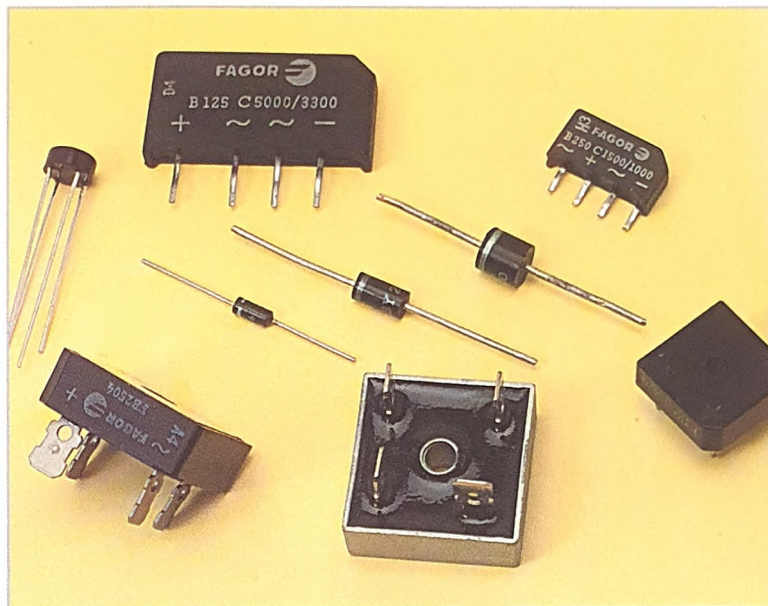
L'euroconnettore si usa da alcuni anni negli apparecchi domestici audio e video e nelle Tv e hanno lo stesso connettore di segnali d'entrata e di uscita video con segnali separati, RGB composito e audio. Le connessioni audio sono doppie e corrispondono ai due canali del sistema stereofonico sia per l'entrata che per l'uscita.

Piastra PCI di PC, il connettore di questa piastra è stampato con le molle di contatto dorate.

Connettori IDC. Hanno un incastro per evitare di invertire le connessioni.

I rettificatori

I rettificatori vengono utilizzati per ottenere correnti a senso unico.

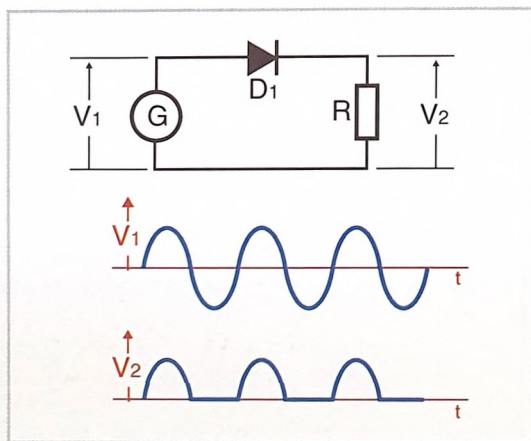
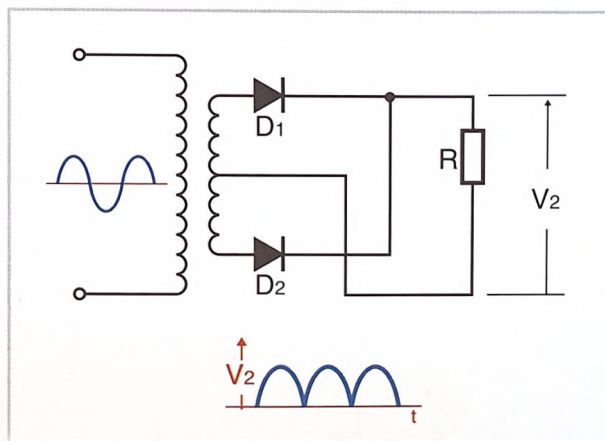
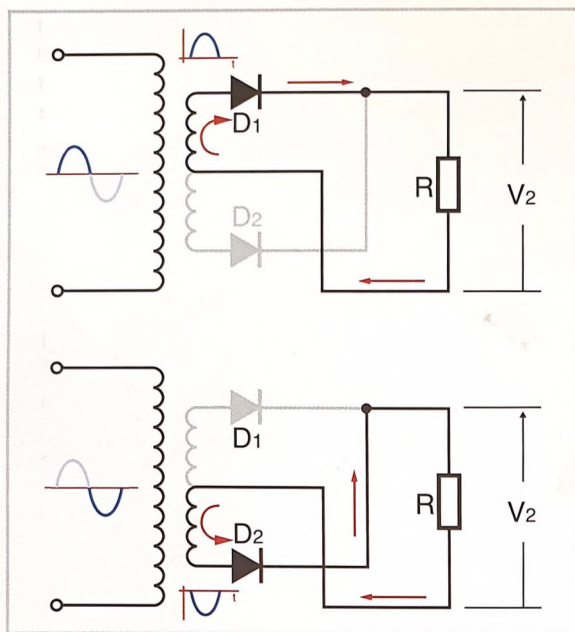
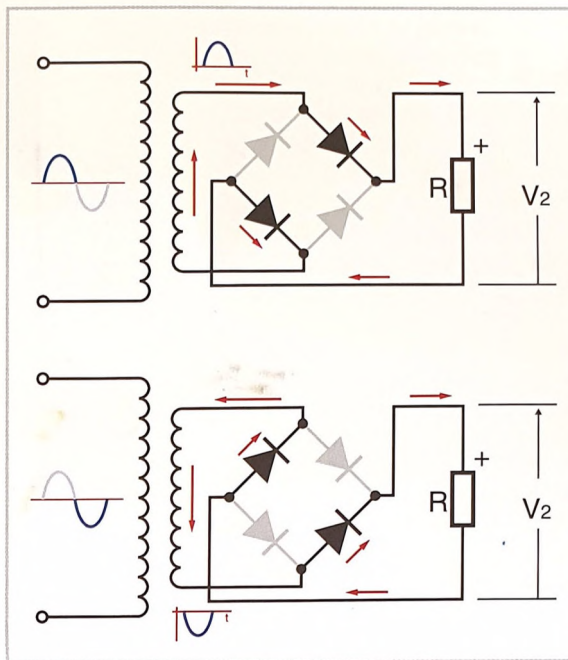
Una delle maggiori applicazioni della rettificazione è la conversione dell'energia elettrica da alternata in continua. La necessità di rettificare la corrente deriva dal fatto per cui, normalmente, la distribuzione dell'energia eroga corrente alternata; in Europa è da 220 Volt e 50 Hz, anche se si utilizzano altre tensioni, come quelle da 380 Volt, da 110 Volt, da 100 Volt eccetera, così come quella da 60 Hz è frequente in alcuni stati del continente americano.

Nell'energia alternata il verso della corrente cambia alternativamente con una frequenza di 50 cicli al secondo. Il vantaggio principale della distribuzione di corrente alternata sta nel fatto che consente l'utilizzo dei trasformatori per elevare la tensione e diminuire la corrente nei conduttori, rendendo possibile la costruzione di grandissime linee di alta tensione per rendere più facile il trasporto dell'energia fino ai luoghi di utilizzo, passando attraverso diversi trasformatori fino ad arrivare alla tensione di 220 Volt/50 Hz di uso domestico.

Questa è la tensione disponibile e la si deve usare e trasformare a seconda delle necessità di ciascuna apparecchiatura, o meglio, di ciascuna parte dell'apparecchiatura.

I raddrizzatori e i ponti raddrizzatori sono un elemento comune in quasi tutte le fonti di alimentazione.

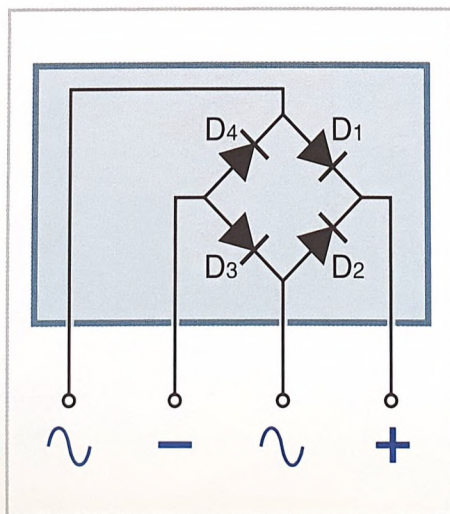
Dispositivi

Per rettificare è facile dedurre che si devono utilizzare dei dispositivi che conducano in un solo senso e che impediscano il passaggio della corrente nel senso inverso. Oggi chiunque può identificare, e a ragione, questi dispositivi con i diodi semiconduttori.

Prima dell'utilizzo dei semiconduttori basati sull'unione PN, già venivano utilizzati dei rettificatori. I rettificatori più utilizzati in elettronica erano le valvole a vuoto; in seguito, si impiegarono dei rettificatori basati su piastre in selenio, e anche gli "spettacolari" retti-

Rettificatore a mezza onda.

Rettificatore a onda intera con due diodi.

Funzionamento del rettificatore a onda intera con due diodi, a seconda di quale sia il verso dell'onda, conduce un diodo oppure un altro.

Funzionamento del ponte rettificatore con quattro diodi a seconda di quale sia il verso della semionda entrante.

ficatori ai vapori di mercurio, autentici pezzi da museo che chi ha visto in funzione una volta, ricorderà per sempre!

Diodi

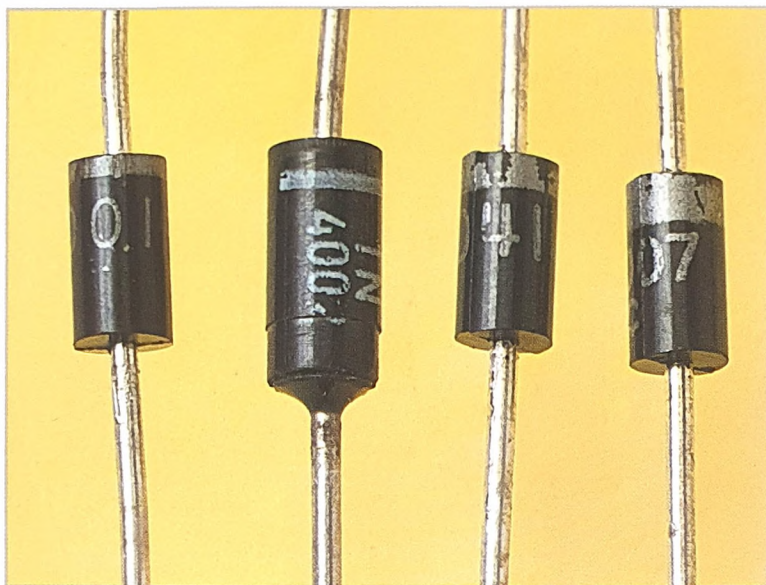
Il cammino che ebbe a percorrere la tecnologia dei semiconduttori fu molto arduo dato che ai primordi si ottennero delle unioni PN che erano in grado di funzionare con pochi milliAmpère. Oggigiorno, disponiamo di diodi rettificatori di dimensioni ridotte e di un altro tipo di semiconduttori di potenza, come i tiristore, che riescono a controllare anche mille Ampère, cosa che rende più facile la progettazione e la costruzione di piccolissimi e affidabilissimi rettificatori. L'alta affidabilità implica che il numero dei possibili guasti è così ridotto che i rettificatori non si guastano quasi mai.

Raddrizzatore a ponte con quattro diodi. Questo ponte è un componente con l'indicazione dei terminali.

Corrente

Quando si progetta un rettificatore, si deve tenere conto della massima corrente che circolerà in senso diretto attraverso ciascun diodo. La corrente inversa, normalmente, è ridottissima e non viene considerata, a parte casi specifici, quando si effettuano dei calcoli approssimativi. Per i diodi della famiglia 1N4000 la corrente massima diretta è di 1 Ampère, anche se riescono a sopportare dei picchi di corrente maggiori, ma di breve durata.

Tensione

Quando un diodo di potenza conduce, ha una caduta di tensione di circa un Volt, che è un poco superiore alla caduta di tensione diretta tra i diodi che vengono impiegati per piccolissime correnti all'interno dei cir-

I rettificatori

La serie dei diodi 1N4000 è molto utilizzata nelle applicazioni elettroniche fino a 1 Ampère.

cuiti elettronici. Si suppone che vengano usati per tensioni molto superiori ad un Volt, dato che sappiamo che i diodi non conducono al di sotto della tensione di soglia. Quando il semiciclo della tensione applicata è inverso deve sopportare tutta la tensione; per una tensione efficace di 220 Volt, la tensione del picco si avvicina ai 300 Volt, e se misuriamo tra i due picchi opposti della sinusoide, raggiungiamo una tensione da picco a picco di circa 600 Volt. In elettronica, normalmente, si lavora con tensioni inferiori, perché prima di rettificare è usuale interporre un trasformatore riduttore della tensione. Come esempio citiamo il diodo della serie 1N4004, che sopporta 400 Volt di tensione inversa e il diodo 1N4007, che sopporta 1.000 Volt.

I rettificatori a mezza onda

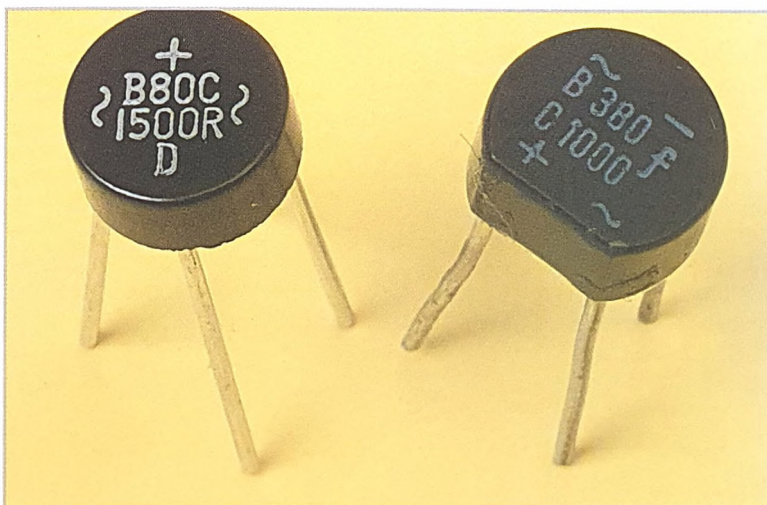
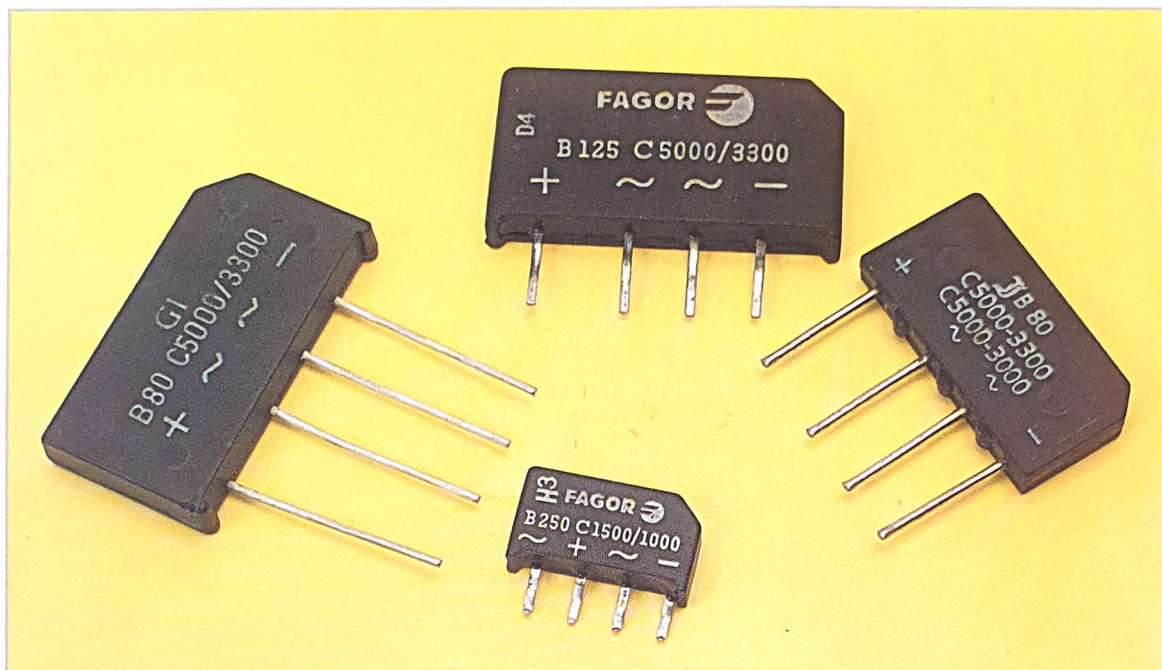
Questo tipo di rettificatore è semplicissimo: utilizza un diodo semiconduttore che viene interposto tra la presa di corrente alternata, che sia direttamente quella della rete oppure il secondario di un trasformatore, e il carico.

La corrente d'uscita ha un solo verso, ma non è continua, perché è formata da impulsi che vanno solamente in un senso, lasciando dei "vuoti" in cui gli impulsi negativi vengono eliminati. Ciò fa sì che questo tipo di raddrizzatore venga utilizzato in circuiti con una corrente piccola, in cui il rendimento energetico ha poca importanza.

Rettificatori a onda intera

I raddrizzatori ad onda intera utilizzano tutta l'energia, sfruttando i due semicicli dell'onda sinusoidale. La semionda viene raddrizzata dal diodo che in quella fase è in stato di conduzione, per ottenere così il flusso di corrente solamente in un senso.

Rettificatori a onda intera con due diodi

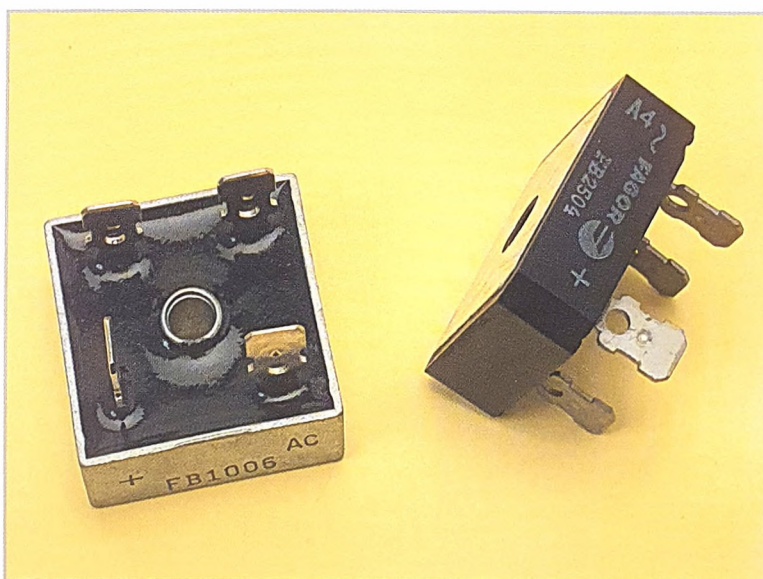
Questo tipo di rettificatore si basa sull'utilizzo di un trasformatore con presa centrale nel secondario. Se, per esempio, si vogliono ottenere 12 Volt rettificati, il trasformatore deve essere di 12-0-12 Volt, deve, cioè, essere un trasformatore con secondario da 24 Volt e con presa interme-

Piccoli ponti rettificatori. B80 indica la tensione inversa massima (80 Volt) e C1500 segnala come carico massimo di 1.500 milliAmpère, cioè 1,5 Ampère.

Ponti raddrizzatori di media potenza.

dia. Si osserva il funzionamento molto bene nella corrispondente illustrazione, seguendo il percorso che la corrente segue in ciascun semiciclo. All'uscita si ottiene una corrente rettificata, in un solo verso, che sfrutta tutti i semicicli dell'onda, ma che non è ancora continua.

Raddrizzatore ad onda intera con quattro diodi

Il vantaggio apportato da questo tipo di rettificatore sta nel fatto che esso non utilizza un trasformatore con presa intermedia nel secondario; per ottenere una tensione raddrizzata di 12 Volt è sufficiente utilizzare un trasformatore con un secondario a 12 Volt. Utilizza due diodi che conducono in ogni verso e il suo funzionamento può essere osservato nella corrispondente illustrazione.

Ottenimento della corrente continua

Per ottenere corrente continua è necessario filtrare la corrente rettificata. Si utilizzano filtri dotati di bobine e condensatori collocati dopo i rettificatori, ma abbandoniamo l'argomento e lo studieremo in seguito.

Ponti raddrizzatori di potenza.
Al centro hanno un foro che facilita l'installazione dei dissipatori.

Gli zoccolini

Gli zoccolini consentono una veloce sostituzione dei componenti.

Oltre a conoscere teoricamente i circuiti, è molto interessante imparare a conoscere anche i materiali utilizzati in elettronica: è importantissimo, quando si vogliono mettere in pratica le nozioni teoriche.

Lo zoccolino è un componente molto interessante che deve le proprie origini agli zoccoli delle valvole termoioniche; ci fu poi un periodo in cui furono poco utilizzati con l'apparizione dei circuiti stampati; attualmente stanno conoscendo un periodo aureo grazie ai dispositivi programmabili o alle apparecchiature che si evolvono giorno per giorno.

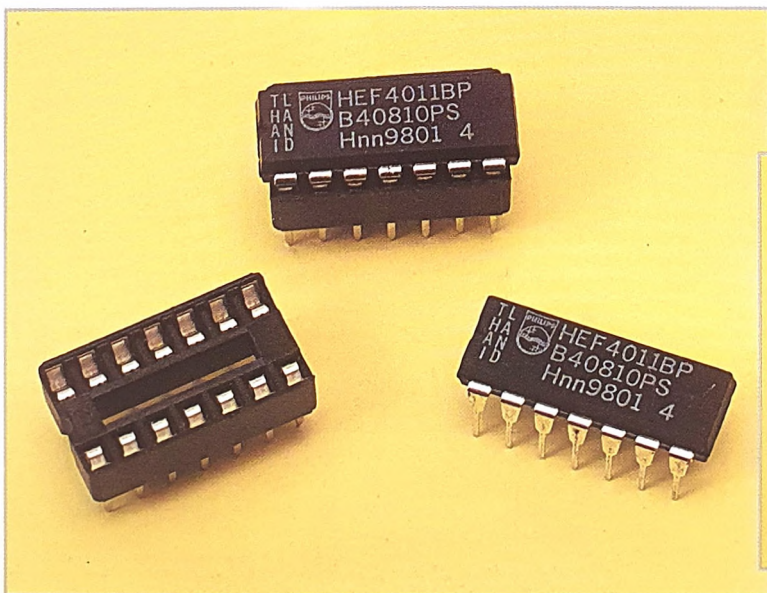
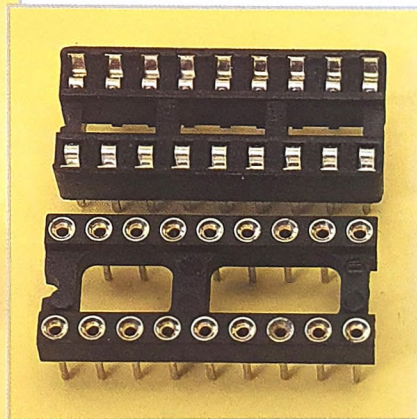
Nelle apparecchiature elettroniche si utilizzano zoccolini molto diversi.

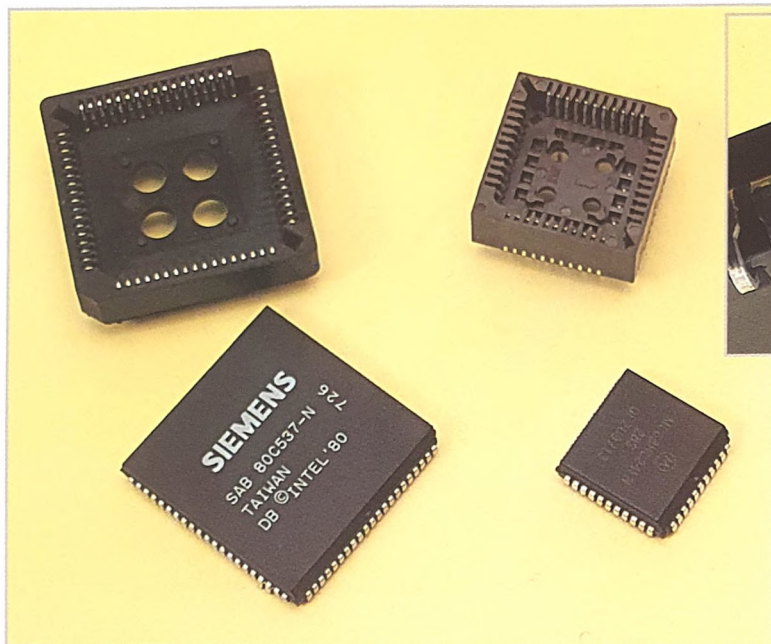
Definizione

Esiste una notevole varietà di zoccolini per diverse applicazioni, ma tutti hanno, in pratica, la medesima finalità: consentire la sostituzione veloce del componente in essi installato. Potrebbero anche essere definiti come connettori progettati specialmente per stringere e collegare dei componenti.

Utilizzi

Vari sono gli utilizzi degli zoccolini che stiamo per descrivere. Il più attuale è forse quello degli zoccolini impiegati nella piastra madre del computer, soprattutto quello destinato al microprocessore. Questo zoccolino permette l'utilizzo della medesima mother board per microprocessori della stessa famiglia, ma con differenti velocità, rendendone possibile una veloce sostituzione in caso di guasto o anche per migliorare l'apparecchiatura cambiandola con un'altra più veloce.

Gli zoccolini si utilizzano anche nelle apparecchiature in cui

Gli zoccolinii più normali sono quelli utilizzati negli incapsulati DIL.

Negli zoccolini si utilizzano terminali torniti e con contatti metallici.

Gli zoccolini

I circuiti PLCC possono essere inseriti direttamente nello zoccolino: questo ne facilita la sostituzione.

Dettaglio dei terminali di un circuito PLCC: la sua forma ne facilita l'inserimento nello zoccolino.

tutta o parte della loro programmazione viene registrata nelle memorie tipo EPROM o in altri dispositivi programmabili.

Questo tipo di memorie ci obbliga a rimuoverle dal circuito quando si vuole cambiare programmazione o semplicemente a sostituirle con altre precedentemente registrate.

In molti circuiti vengono utilizzati zoccolini per facilitare la sostituzione dei circuiti integrati; al momento, però, gli zoccolini vengono utilizzati per effettuare degli ampliamenti di memoria o di processore velocemente.

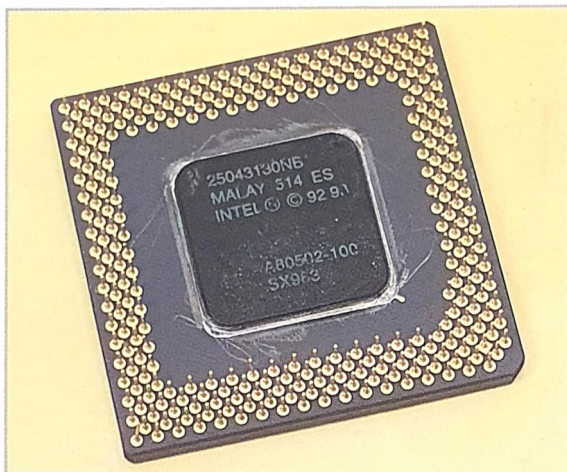
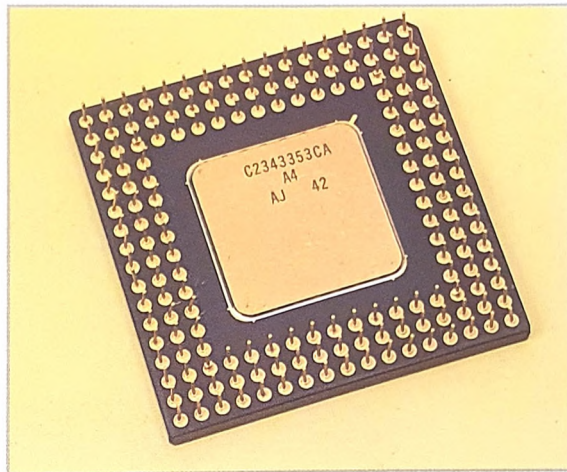
Qualità

La qualità di uno zoccolino deve essere buona e adeguata all'applicazione a cui viene destinato. Per esempio, per circuiti che dovranno stare in un'officina o in un negozio e che viene raramente spostato, è sufficiente uno zoccolino d'utilizzo corrente. Se i circuiti devono essere portatili, o inseriti in veicoli o macchinari sottoposti a colpi e vibrazioni, lo zoccolino deve essere preparato per mantenere il circuito integrato connesso nonostante tutte le vibrazioni.

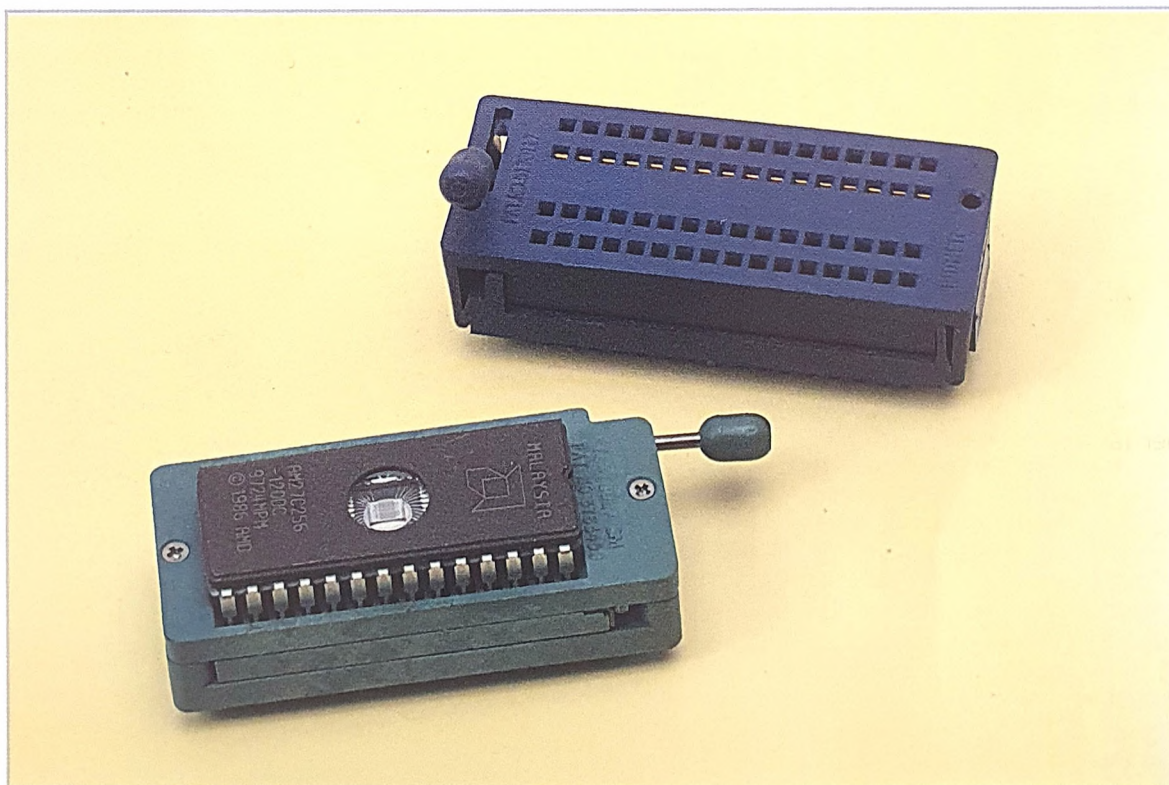
Forza d'inserzione

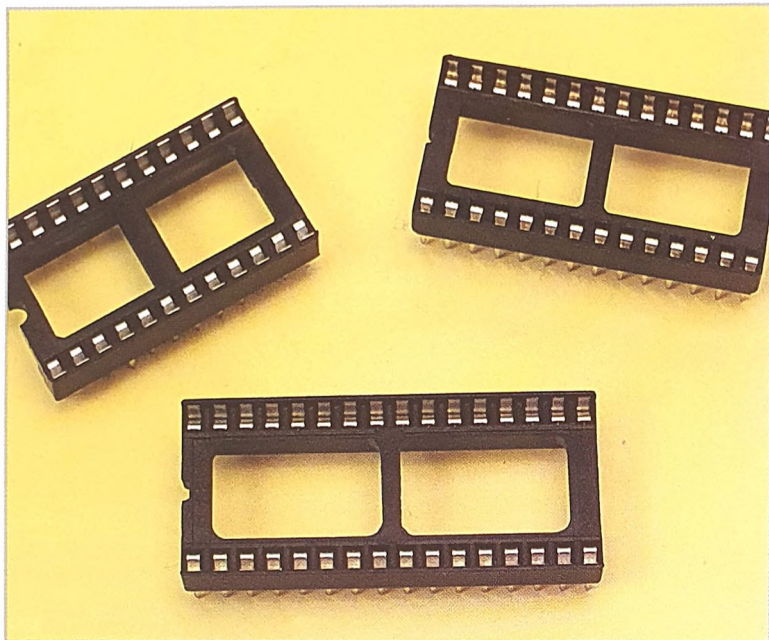
Gli zoccolini devono garantire una buona connessione a ogni pin e a tutti i terminali del circuito oltre a mantenerli stretti. Tutto ciò esige una certa pres-

Zoccolino del Pentium nella mother board di un personal computer.

Gli zoccolini

Vari terminali di un microprocessore.

Microprocessore 486 visto dalla parte inferiore.

sione su ogni terminale di modo che quando il numero dei terminali è elevato deve applicare molta forza perché la pressione risultante sia sufficiente a inserire tutti i terminali.

I professionisti utilizzano estrattorie insertori e insertrice per togliere o mettere circuiti integrati nei loro zoccoli, dato che può succedere che la forza di una persona risulti insufficiente. Pensiamo quanto sia semplice inserire il terminale di una resistenza in una connessione della piastra di un prototipo, che è uno zoccolo speciale, ma per effettuare la medesi-

Zoccolo ZIF, con protezione per assicurare la connessione dei terminali del circuito.

Gli zoccolini

Zoccolino per circuiti integrati ad alta scala di integrazione.

ma operazione con un circuito integrato si deve esercitare molta più forza.

Pin tornito

La denominazione pin deriva dal gergo tecnico e non deve essere utilizzata in italiano, anche se la si deve conoscere, perché viene usata e potremmo sentirla in qualche caso.

I terminali, o pines, possono essere torniti, hanno una notevole precisione meccanica e sono ricoperti da un sottile strato d'oro che ne favorisce il contatto. Il loro prezzo è abbastanza elevato, anche se ultimamente sono un po' più abbordabili. I terminali dei circuiti integrati si incastrano in questi zoccoli e a volte diventa abbastanza difficile toglierli; va detto, però, che si ottengono connessioni molto sicure, sia da un punto di vista elettrico che meccanico.

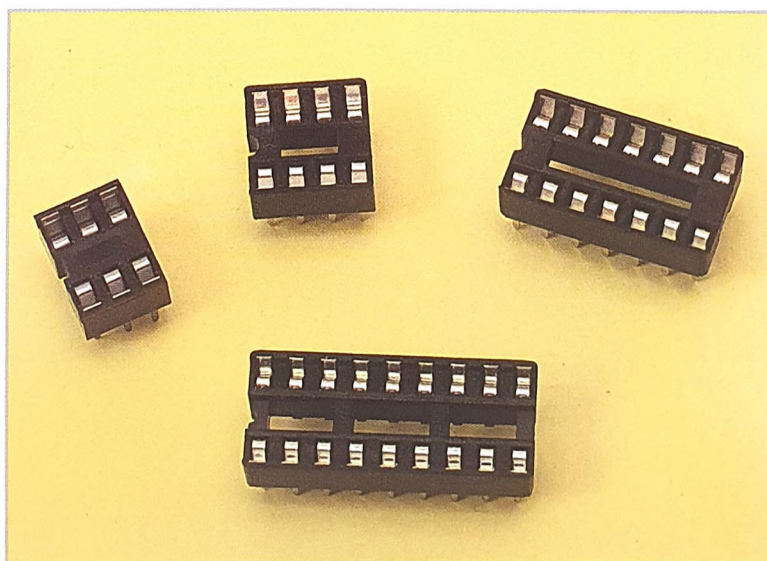
Pin a piattina

Gli zoccoli più economici hanno la forma di una piattina. Diversi sono i modelli, anche qualitativamente, che garantiscono un buon contatto, ma, normalmente, si rompono se non si "pinnano" bene i terminali del circuito integrato da inserire. Sono più economici rispetto ai pines torniti.

Questo tipo di zoccolo è quello maggiormente proposto ai principianti, perché nei primi montaggi e nei prototipi, soprattutto se si tratta di componenti costosi che conviene recuperare, si possono sostituire i circuiti integrati.

Zoccolini ZIF

Questi zoccolini si utilizzano principalmente per bloccare i circuiti integrati nei programmatori di memorie EPROM e altri dispositivi di programmazione. In Italia vengono chiamati zoccolini con forza di inserzione zero.

Quando la leva che assicura l'inserimento è sollevata, i contatti risultano liberi e quindi non dobbiamo esercitare alcuna forza per installare o togliere il circuito integrato dallo zoccolino, basterà poi riabbassare la levetta per assicurare un buon contatto fra lo zoccolino e il circuito integrato.

Zoccolini DIL di varie dimensioni.

I cavi

I cavi si utilizzano per alimentazione e per il trasporto dei segnali.

I cavi ricoprono una notevole importanza, sia all'interno delle apparecchiature che per le connessioni tra di esse. La varietà di questi cavi è associata al tipo di segnali che essi trasmettono. Vengono utilizzati, inoltre, per alimentare le apparecchiature.

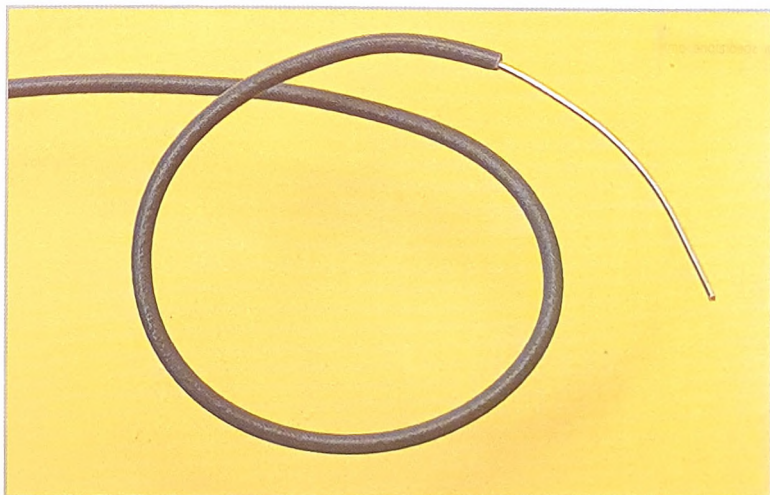
Esiste una notevole varietà di cavi per applicazioni molto diverse.

I cavi

In genere, un cavo è composto da un conduttore e da una copertura isolante. Il conduttore deve avere le caratteristiche elettriche adeguate al segnale trattato e la copertura, oltre ad isolare, deve poter resistere a determinati sforzi meccanici, a seconda dell'applicazione a cui il cavo viene destinato. Quando ci si deve avvalere di diversi tipi di connessioni tra due punti, si devono utilizzare alcuni cavi raggruppati e protetti con una comune guaina; in questo caso si chiamano cavi multipli, ma viene anche usata la comune denominazione di cavo.

Il conduttore

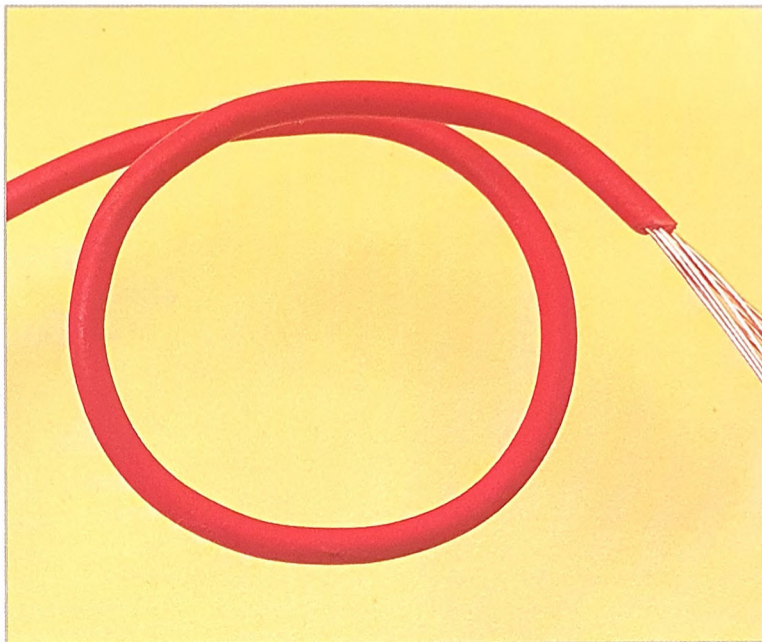
Il conduttore può consistere di un filo di rame di sezione cilindrica o essere formato da vari fili di rame di sezione minore arrotolati tra di loro così da formare un unico conduttore che garantisce, però, maggiori flessibilità e resistenza alle vibrazioni. Il rame viene utilizzato per la sua buona conduttività, il suo basso coefficiente di temperatura, per la sua duttilità e la sua alta resistenza alla corrosione. Per cavi comunemente utilizzati in ambienti protetti, viene usato rame non trattato, ma sempre con una copertura isolante che li protegga, a sua volta, dalla corrosione. Quando, invece, si lavora in ambienti con determinati livelli di umidità o in atmosfere in cui è prevedibile che si sviluppi la corrosione, diventa necessaria una protezione addizionale e si ricorre all'utilizzo dei medesimi conduttori di rame, ma con un rivesti-

Il filo di rame è il conduttore più semplice.

I cavi possiedono una copertura isolante; si utilizzano colori diversi per le differenti connessioni.

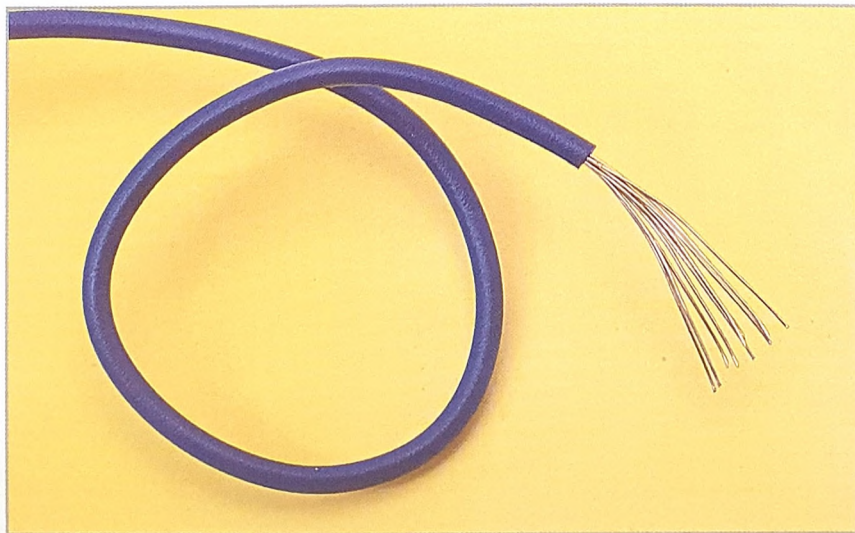
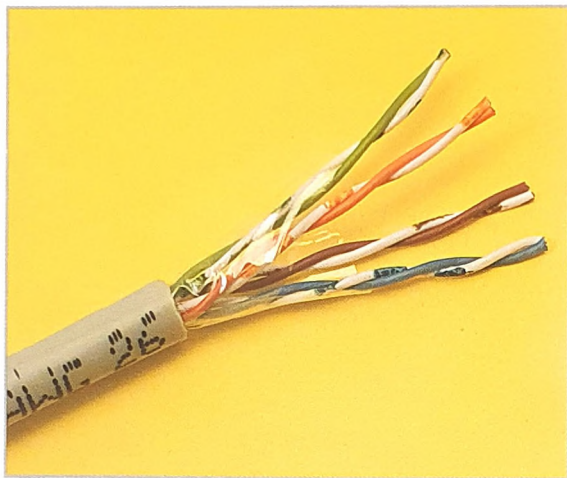
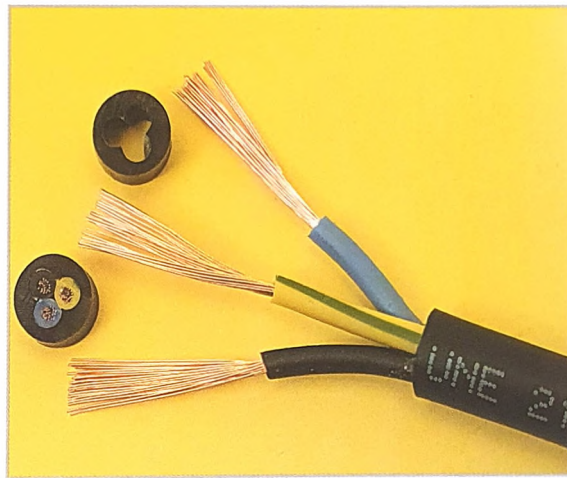
mento di stagno, sia che si tratti di un filo di rame da utilizzarsi nudo, come il conduttore interno di un cavo, sia che si tratti di un conduttore rigido e sia di uno costituito da vari fili. Esistono anche altri rivestimenti, ma sono riservati ad applicazioni speciali: sono i fili di rame ricoperti di argento, per abbassare la resistenza nella costruzione delle bobine per circuiti di radiofrequenza.

Installazioni domestiche

Nelle installazioni elettriche di uso domestico si utilizzano fili rigidi ricoperti di isolante, normalmente PVC, con una sezione di mm 1,5 o mm 2,5.

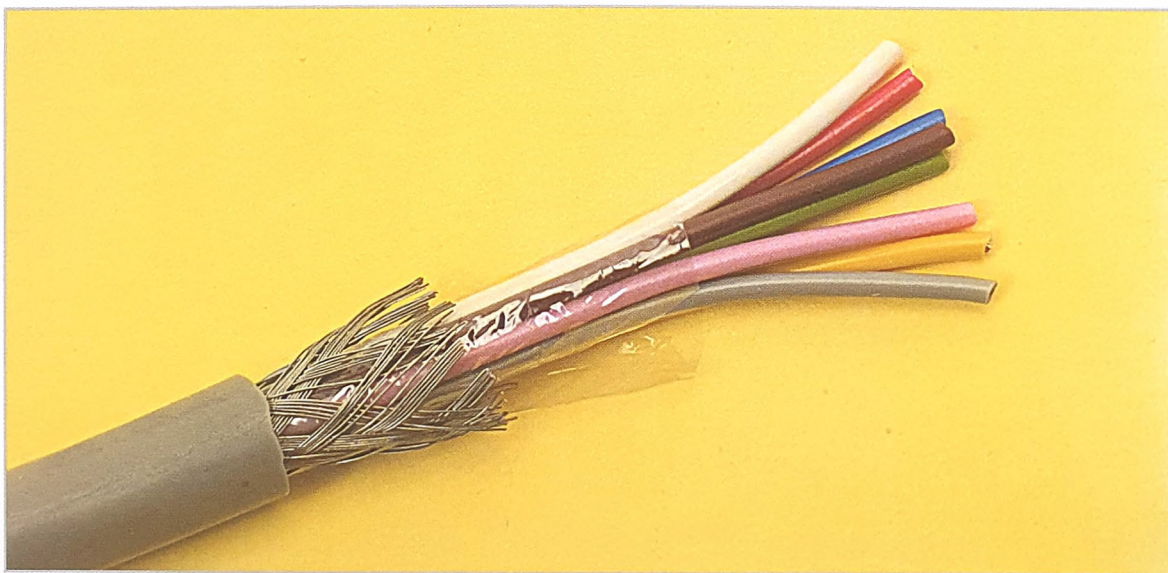
Nel quadro di distribuzione, negli interruttori, nelle prese per i forni delle cucine, nelle prese per lavatrici eccetera si utilizzano sezioni superiori che vanno da 4 a 10 mm. Inoltre i tre fili, fase, neutro e terra vanno protetti da un tubo isolante che andrà incassato nelle pareti e nei pavimenti.

Per aumentare la flessibilità di un cavo, il conduttore è formato da diversi fili con sezione ridotta.

L'isolamento

L'isolamento dei cavi è formato dalla sua copertura, può essere formato da uno o più strati e il materiale utilizzato dipende dalle condizioni elettriche e ambientali di utilizzo, come: isolamento elettrico, temperatura, resistenza all'umidità, agli acidi, agli olii, alla luce solare, al calpestio eccetera. Importante è anche il fattore economico. Prima di utilizzare un cavo, si deve sapere a quali applicazioni sia destinato a lavorare, così da scegliere il modello più sicuro e che soddisfi tutti i requisiti richiesti. Dal punto di vista elettrico, per esempio, è di uguale potenza una lampada del salotto o una lampadina portatile che si utilizza in un'autofficina. In primo luogo, può essere sufficiente un cavo con due conduttori e una sottile guaina esterna che protegga l'insieme dei due cavi. Questo tipo di cavo dovrà sopportare

I conduttori di rame sono solitamente stagnati per evitare la corrosione e facilitare la saldatura.

Campione di cavo utilizzato nelle reti di trasmissione dati all'interno degli edifici.

Cavo d'alimentazione dei tre conduttori, oltre all'isolante di ogni conduttore, possiede un isolante generale che li ricopre.

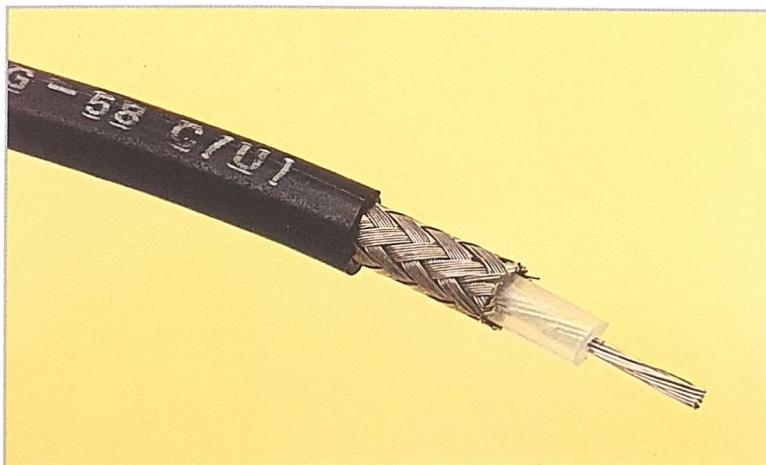
pochissime aggressioni, alla meglio nessuna, si allaccia la lampadina e il cavo verrà toccato poche volte per spostare la lampadina dal suo alloggiamento. Nel secondo caso, e cioè nell'officina, si deve tener conto di altri aspetti: la sua copertura deve sopportare acqua, benzina, olio, gasolio, anche se questi prodotti devono stare lontani per sicurezza; la sporcizia del suolo, o anche quella che ricopre le mani, contiene composti che possono danneggiare la copertura di questi cavi. Il cavo sarà trascinato al suolo e sarà a contatto con bordi metallici e sarà calpestato. Deve poter resistere per un buon periodo e non deve rompersi quando viene calpestato. Inoltre, il cavo deve poter essere arrotolato e steso parecchie volte al giorno, sopportando costanti flessioni; deve, quindi, essere formato da molti fili quanto più possibile fini per garantire la flessibilità, perché non si rompa dopo poche flessioni.

Cavi coassiali

Il cavo coassiale è costituito da un conduttore interno che può

Cavo schermato. Evita l'entrata o l'uscita dei segnali da e verso l'esterno.

I cavi

A sinistra, cavo audio schermato. Sopra, cavo coassiale da 75 Ohm utilizzato per la distribuzione dei segnali TV nelle abitazioni.

essere formato da uno o più fili; di norma è di rame, argentato o stagnato in modo da migliorarne la conduttività. Questo conduttore coassiale è circondato, in maniera uniforme, da un isolante che può essere di vari materiali, normalmente è di silicone. L'insieme di conduttore centrale e materiale isolante viene ricoperto da una calza di fili di rame, che possono, inoltre, essere stagnati o argentati e disposti come uno schermo che ricopra tutto, o quasi tutto, l'isolante. Questa calza può anche essere una sottile striscia di metallo arrotolata a spirale. A volte, può addirittura essere costituita da un tubo semirigido ad anelli di rame. Il cavo coassiale che possiamo trovare più facilmente è il cavo di connessione tra la presa dell'antenna a parete e l'entrata dell'antenna del televisore. È un cavo di 75 Ohm di impedenza che viene utilizzato oggigiorno fino ai 2GHz di frequenza; se ne trovano ancora da 1GHz e sono fra quelli più comunemente installati. L'importanza di una scelta oculata circa questo tipo di cavo è motivata dall'attenuazione del segnale che può essere prodotta da un cavo inadeguato; nel caso di un televisore, potrebbe essere che il segnale che gli arriva risulti insufficiente e che, quindi, l'immagine sullo schermo perda in qualità. Questi cavi sono utilizzati anche all'interno delle apparecchiature a RF e, in genere, negli apparecchi che lavorano con segnali di elevata frequenza. Si utilizzano con connettori speciali, sia all'interno di cassetti di connessione e sia nei collegamenti liberi. Questo tipo di cavo perde le proprie proprietà e si deteriora quando viene deformato e calpestato; si deve evitare, inoltre, di piegarlo eccessivamente, perché potrebbe non riuscire a recuperare la propria forma originale e risultare così irreparabilmente danneggiato.

Cavo RG-58 da 50 Ohm: è molto utilizzato nelle installazioni radio VHF.

I microfoni

Il microfono è un trasduttore che converte energia meccanica in energia elettrica.

Il suono deve la propria origine alle variazioni di pressione presenti nell'aria a causa delle quali quest'ultima si sposta e provoca a sua volta lo spostamento dell'elemento mobile del microfono. Grazie a questo movimento viene generata una corrente elettrica, molto debole, che viene di norma applicata a un preamplificatore e poi a diversi circuiti audio che lavorano con questi segnali, sia per portarli a un amplificatore, a un modulatore radio o a una linea telefonica, tanto per citare brevemente tre possibili applicazioni.

Il microfono dinamico viene realizzato in molti modelli e ha un uso molto esteso.

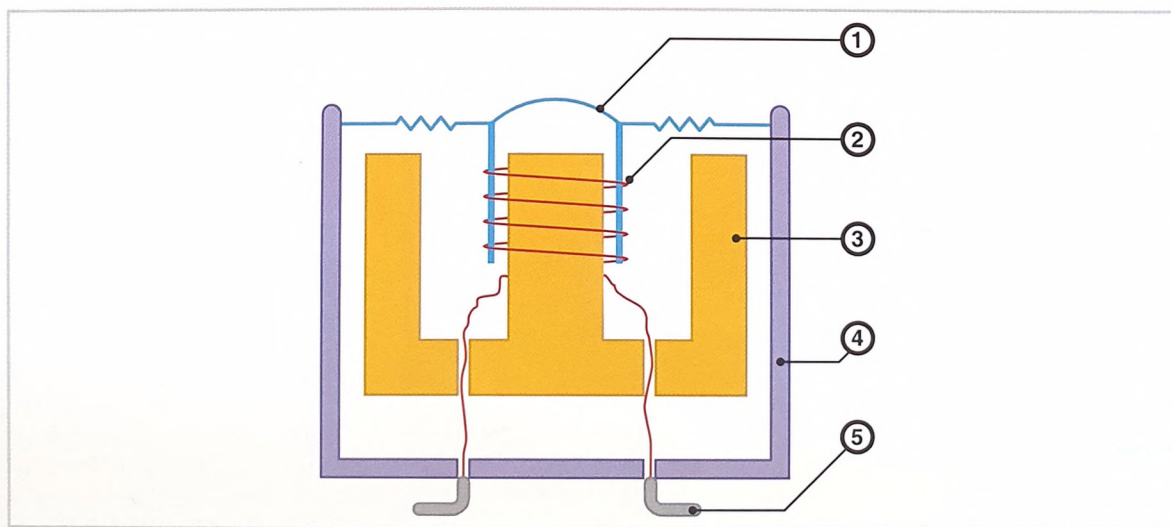
Caratteristiche

Un microfono può essere caratterizzato in vari modi e con diversi parametri; ne parleremo brevemente.

La risposta in frequenza è il primo di essi; è chiaro che deve funzionare all'interno della banda audio. Questo particolare parametro è in relazione con la fedeltà del microfono. Altro importante parametro è la direttività, verso dove, cioè, si deve dirigere il microfono per poter captare più o meno il segnale. L'impedenza di uscita non è molto importante per il suo funzionamento come captatore di suono, ma lo è quando lo si deve collegare al circuito preamplificatore.

Si deve tenere conto anche del fatto che i microfoni offrono livelli di uscita molto diversi per il medesimo segnale da captare; alcuni modelli, inoltre, hanno bisogno di alimentazione. Il livello fornito dal microfono non ha niente a che vedere con la sua qualità, anche se risulta essere di notevole importanza al momento di scegliere il preamplificatore.

La fedeltà

Questo parametro indica la qualità e il livello del segnale fornito dal microfono quando

Microfono dinamico. 1. Membrana, 2. Bobina, 3. Magnete, 4. Telaio, 5. Connessioni.

quest'ultimo viene eccitato da un livello acustico costante per ogni frequenza della banda audio. La curva ideale è una linea retta, che viene denominata risposta piatta.

La sensibilità indica la capacità che un microfono possiede per captare deboli suoni e convertirli in valori di tensione alla sua uscita.

Microfono a carbone

Il microfono a carbone consiste in una resistenza formata da granelli di carbone e posta tra due conduttori che vengono connessi ai due terminali del microfono. Il carbone è all'interno di una capsula, che ha due pareti delle quali una è unita alla membrana che si muove per azione del suono, provocando lo spostamento dei granelli di carbone, che a loro volta provocano variazioni della resistenza alla frequenza del suono captato. Questo microfono necessita di una corrente che circoli attraverso e quello che viene rilevato sono le variazioni di corrente. Questo tipo di microfono è stato il primo a essere utilizzato; si arrivò a costruire modelli di grande qualità, che ebbero un settore di utilizzo nei telefoni classici, molti dei quali sono ancora in uso. Tuttavia non viene utilizzato per i nuovi apparecchi. La risposta in frequenza di questo tipo di microfono non è molto buona, ma è sufficiente per riprodurre la conversazione telefonica, da 300 a 3.400 Hz.

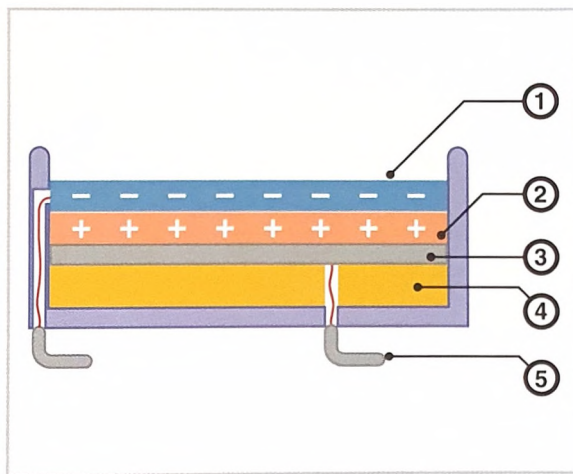
Questi microfoni erogano un segnale di uscita molto elevato che ne consente l'utilizzo anche senza amplificatori, come succedeva nei sistemi telefonici più antichi.

Microfono dinamico: si vede la capsula microfonica.

La possibilità di inserire schede audio nei computer ha dato l'avvio all'utilizzo dei microfoni.

Microfono dinamico

Il microfono dinamico è molto simile a un altoparlante a bobina mobile, cioè a un altoparlante dinamico, anche se le sue dimensioni sono diversissime. Possiamo verificarlo utilizzando un altoparlante di questo tipo collegato all'entrata del microfono dinamico di un preamplificatore, ma se vi capita di effettuare realmente questo esperimento, per la connessione si deve utilizzare un cavo schermato, perché se non lo si facesse, sarebbe probabile che il suono ottenuto sarebbe estremamente sgradevole. Questo tipo di mi-

Microfono a condensatore. 1. Membrana conduttrice, 2. Telaio, 3. Armatura posteriore, 4. Supporti isolanti, 5. Contatti.

Microfono a elettreti. 1. Piastra mobile, 2. Piastra fissa, 3. Contatto posteriore, 4. Isolante, 5. Connessioni.

crofono ha un utilizzo molto esteso ed esiste una varietà di modelli di diversa qualità, di diverso prezzo e con vari diagrammi di direttività, anche i modelli più economici consentono la realizzazione di registrazione di grande qualità. È formato in pratica da una membrana che è unita a una bobina che si sposta quando riceve il suono, all'interno di un campo magnetico creato da un magnete permanente.

L'impedenza è bassa e permette l'utilizzo dei cavi di connessione abbastanza lunghi. Di norma, questi microfoni hanno una buona qualità, ma sono stati superati dai microfoni a condensatore, il cui inconveniente è il loro elevato costo. Hanno un altro vantaggio, il loro grande margine dinamico: ciò permette di utilizzare lo stesso microfono per captare suoni molto forti e molto deboli.

Microfoni a condensatore

Hanno una grande qualità e una risposta praticamente piatta in tutta la banda audio. Vengono utilizzati in apparecchi di misurazione, di calibrazione e negli studi professionali di registrazione. Il principio di funzionamento è semplicissimo, perché in pratica si tratta di un condensatore, con due lamine, una delle quali è una membra-

Capsula a elettreti a tre terminali.

I microfoni

Capsula a elettreti a due terminali.

Microfono professionale.

na, mentre l'altra è fissa, il dielettrico, è l'aria. Presentano lo svantaggio di necessitare di una polarizzazione compresa tra i 40 e i 200 Volt, a seconda del modello. I banchi di missaggio professionali hanno connessioni di alimentazione per questo tipo di microfoni. L'impedenza di uscita è altissima ed è necessario installare un preamplificatore molto vicino al microfono per amplificare il segnale prima del cavo di connessione.

Microfono a elettreti

I microfoni a elettreti hanno un funzionamento simile ai microfoni a condensatore. Si basano sull'utilizzo di materiale dielettrico polarizzato che possiede una carica costante suddivisa in due zone. Hanno una piastra fissa e un'altra mobile che fa le veci della membrana. La risposta in frequenza va dai 50Hz ai 15KHz. Non sono qualitativamente elevati, ma sono di dimensioni ridotte, hanno una notevole resistenza meccanica, un costo abbordabile, un'alta sensibilità e un buon margine dinamico; sono a volte utilizzati, anche più dei microfoni dinamici.

Preamplificatori

Dato che i microfoni erogano un segnale debole si è obbligati ad amplificare molto il segnale che essi generano; se i cavi di connessione, inoltre, sono troppo lunghi, può succedere che gli amplificatori amplifichino anche le interferenze captate. Per ovviare a ciò, la maggior parte delle volte si ricorre a installare nei microfoni dei piccoli preamplificatori, di forma molto vicina ad una capsula.

Circuiti acustici

Il microfono, oltre alla capsula, deve avere dei "labirinti acustici" attraverso i quali arriva alla membrana il suono che la farà muovere. Ciò determina la direttività del microfono, determina le caratteristiche che definiscono quanto segnale viene captato da ciascuno dei 360° che circondano il microfono. Per la voce, vengono utilizzati microfoni molto direttivi.

Microfono professionale con protezione.

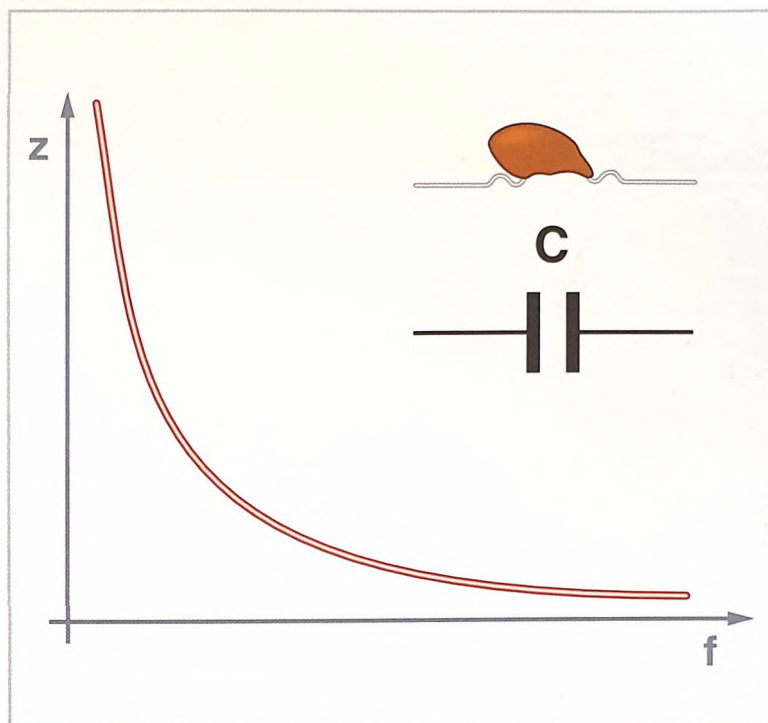
I filtri

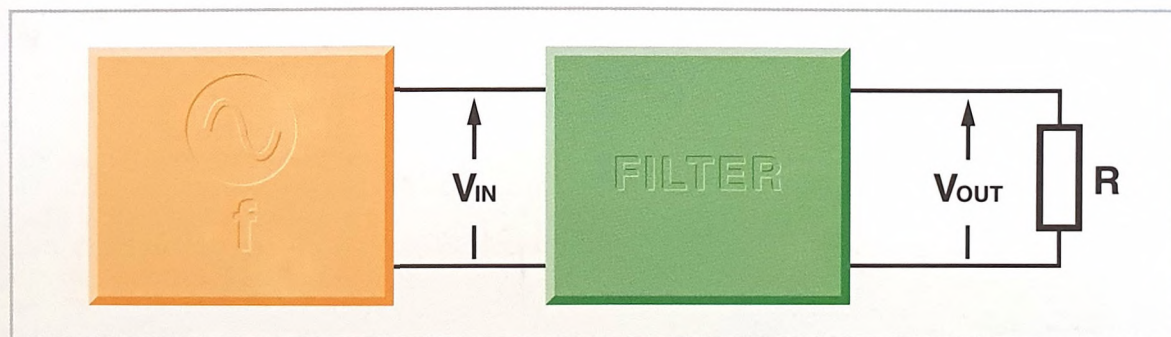
I filtri sono utilizzati per separare e selezionare i segnali elettrici in funzione della loro frequenza.

Se ci concentriamo sui componenti passivi base e supponiamo che siano ideali, le resistenze non cambiano di valore con la frequenza; va detto che la reattanza di una bobina cresce proporzionalmente alla frequenza, mentre l'impedenza di un condensatore diminuisce con la frequenza.

L'impedenza di un condensatore diminuisce all'aumentare della frequenza.

Filtri classici

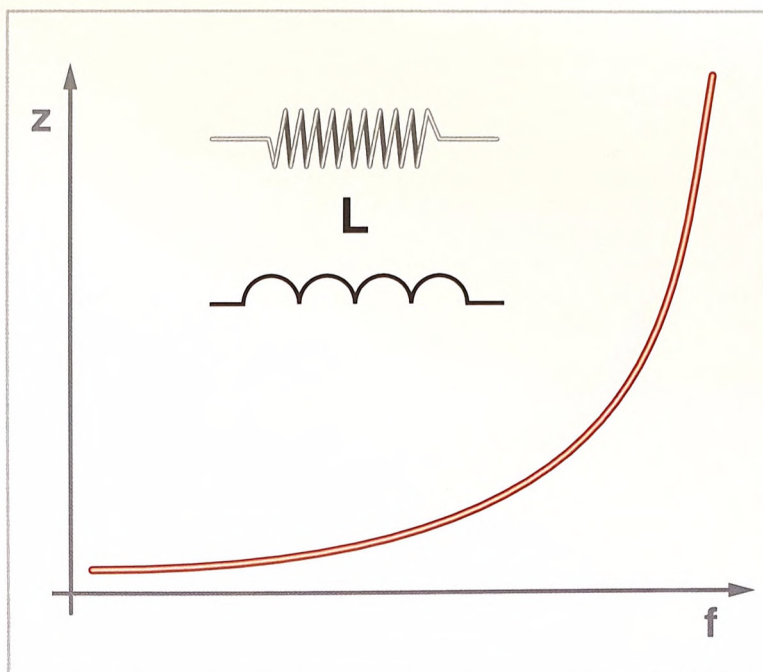
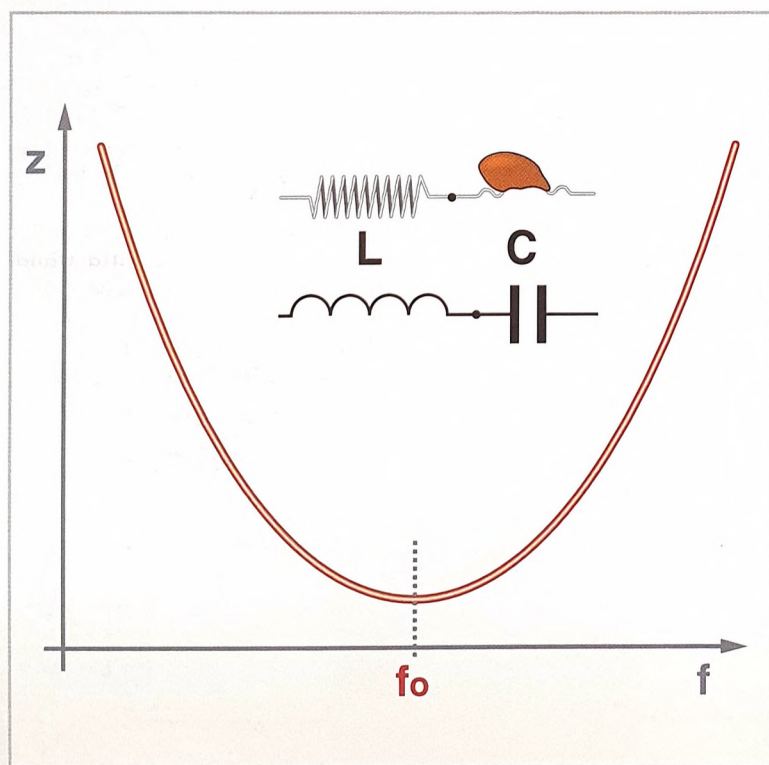
Quando si collegano in serie una bobina e un condensatore, si ottiene un circuito risonante, che presenta un'impedenza minima per una frequenza di valore $P=1/2\pi\sqrt{LC}$. La combinazione in parallelo viene impiegata per formare un circuito filtrante. Questi due tipi di circuito vennero usati, e si usano ancora adesso, nelle apparecchiature di radiocomunicazione per le alte frequenze. Si impiegano anche delle combinazioni di questi filtri, ad esempio quando si collegano in serie dei circuiti risonanti e dei circuiti filtranti in parallelo si ottengono dei filtri passa banda, mentre se si collegano al contrario si ottengono dei filtri per l'eliminazione della banda. Per utilizzi nelle basse frequenze, però, le dimensioni delle bobine e dei condensatori diventano importanti e rendono complicato l'uso di questo tipo di filtri; si impiegano, piuttosto, dei filtri attivi.

Frequenza di interdizione

Le frequenze di interdizione corrispondono alle frequenze per cui l'attenuazione del segnale è di 3 dB al di sotto dell'attenuazione nella banda di passaggio. Detto con altre parole, sono le frequenze per le quali il livello del segnale abbassa del 70% il livello nella banda di passaggio. Per i più esperti, o per gli amanti della matematica, diamo un'altra forma dell'espressione 3 dB= –20 log 0,7 che a sua volta è uguale a –20 log V/Vref, in cui

Le caratteristiche di un filtro si misurano variando la frequenza del segnale applicato all'entrata e misurandolo all'uscita.

Vref è la tensione del segnale della banda di passaggio e V è la tensione alle frequenze di interdizione, cioè 0,7 di Vref.

Guadagno

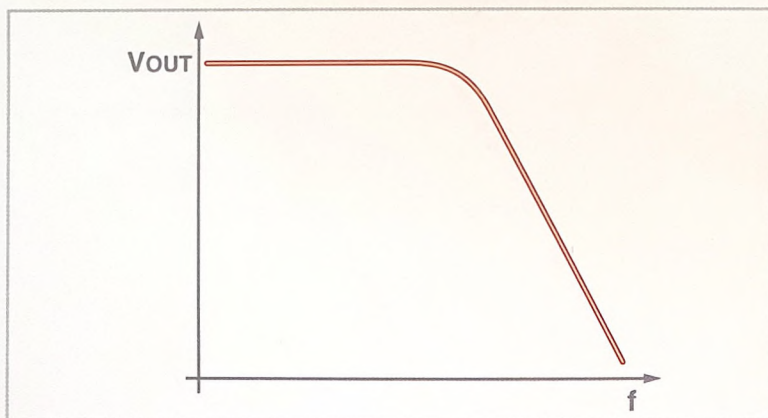
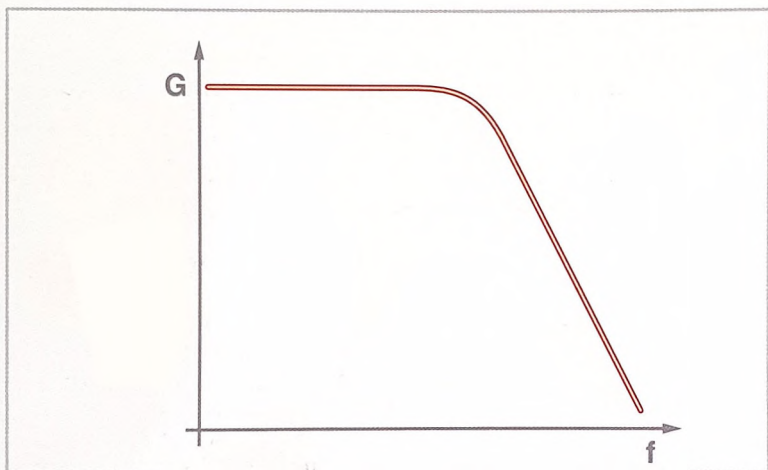
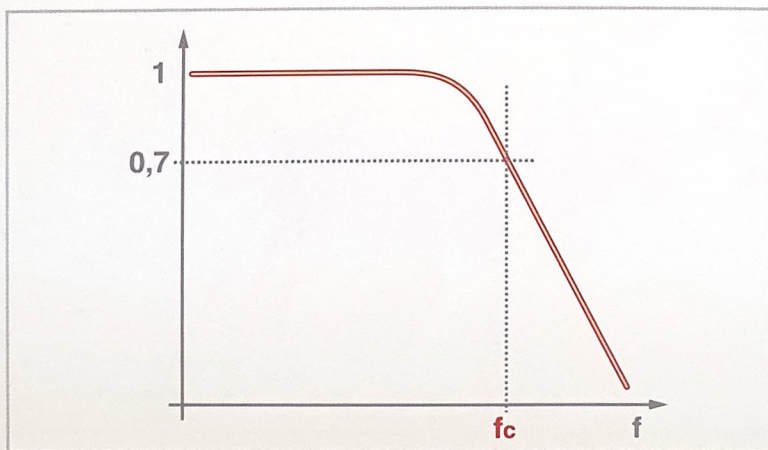
Il guadagno di un filtro è il quoziente tra la tensione dell'entrata e quello dell'uscita per una determinata frequenza, normalmente si utilizza la curva di guadagno in funzione della frequenza. In un filtro con componenti passivi il guadagno massimo è l'unità.

In un filtro ideale il guadagno nella banda del passaggio è l'unità, ma nei filtri reali gli viene assegnato il 100% per poter definire la frequenza d'interdizione al 70% del guadagno nella banda di passaggio.

L'impedenza di una bobina aumenta con la frequenza.

Quando si collegano in serie una bobina e un condensatore, c'è una frequenza per la quale il circuito presenta un'impedenza minima.

Valore di pendenza

In un filtro ideale l'attenuazione è infinita nella banda che riduce; in realtà non è così e la curva del guadagno non cade verticalmente alla frequenza d'interdizione se non ha una certa pendenza; l'attenuazione, cioè, non aumenta gradualmente.

Quanto più è verticale tanto più si avvicina al filtro ideale, anche se solitamente non è pratico, perché esige l'utilizzo di un elevato numero di componenti.

La pendenza di un filtro si misura in dB per ottava; ricordiamo che un'ottava è il doppio della frequenza. Per calcolare la pendenza si misura il livello del segnale per due frequenze nella banda attenuata, separate da un numero esatto di ottave, se ne calcola il quoziente, poi il logaritmo del risultato così

La tensione di uscita di un filtro passa basso diminuisce all'aumentare della frequenza.

Per poter utilizzare la tensione di uscita, è meglio definire il guadagno.

La frequenza di taglio corrisponde alla frequenza il cui segnale è il 70% rispetto al segnale nella banda di passaggio.

ottenuto si moltiplica per 20 e si divide per il numero delle ottave che separano le suddette frequenze.

Filtro passa basso

Il filtro passa basso lascia passare i segnali le cui frequenze stanno al di sotto della frequenza d'interdizione, mentre attenua quelle che stanno al di sopra.

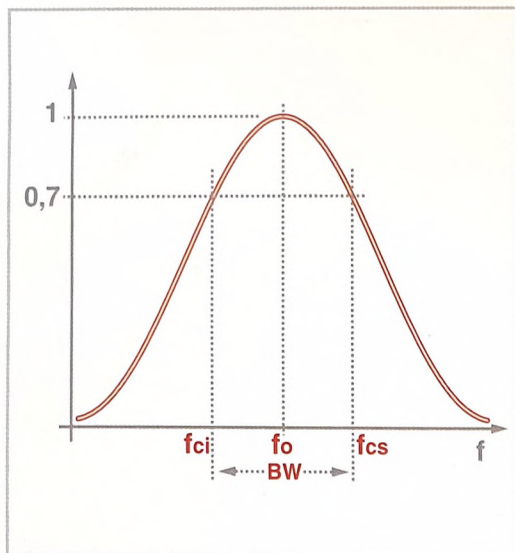
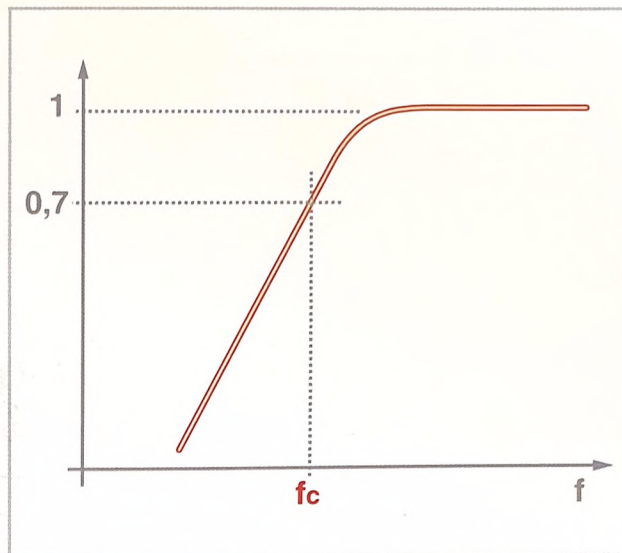
Filtro passa banda

Un filtro passa banda, come dice il nome, lascia passare una banda di frequenze compresa tra due determinate frequenze, denominate rispettivamente frequenze di interdizione superiore e inferiore; la differenza tra le due viene chiamate larghezza di banda (BW - Bandwith), definisce la frequenza per cui l'attenuazione è minima; la frequenza, per cui il guadagno è massimo, si chiama frequenza centrale o fo.

Il fattore della qualità del filtro viene rappresentata dalla lettera Q e rende l'idea della qualità del filtro e si calcola dividendo la frequenza centrale per la larghezza della banda.

Filtro a banda passante stretta

La banda passante di questo tipo di filtro è solitamente strettissima e presenta una forte attenuazione per una determinata frequenza; si utilizza normalmente per eliminare una frequenza.

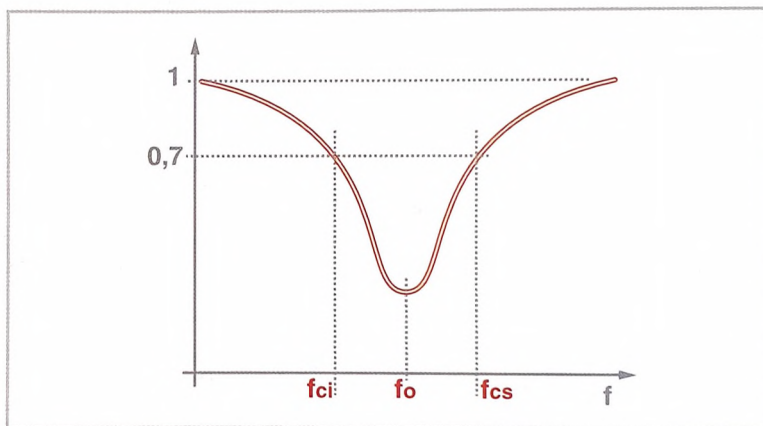
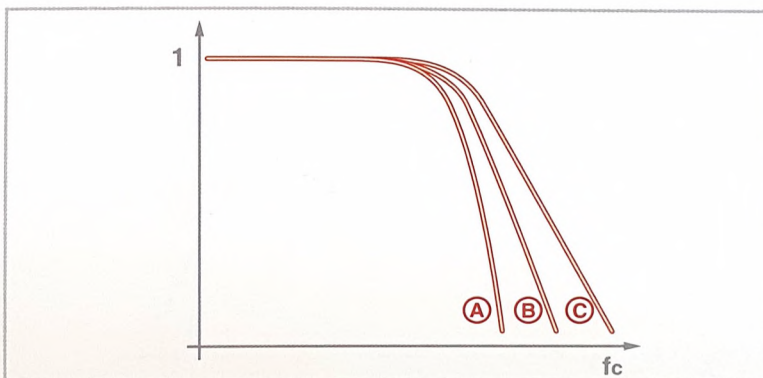
Si definisce per la sua larghezza di banda e le frequenze di interdizione superiore e inferiore.

Filtro passa banda.

Curva di risposta in frequenza di un filtro passa alto.

I componenti

I filtri ideali venivano costruiti con bobine e condensatori ideali, lasciavano passare delle frequenze mentre ne bloccavano delle altre, immagazzinavano energia in alcuni istanti e la perdevano successivamente. In realtà i componenti non sono ideali e, inoltre, ai filtri vengono aggiunte delle resistenze.

Le bobine, d'altra parte, hanno un costo abbastanza elevato, soprattutto per le basse frequenze, in cui si cerca di realizzare i filtri con i condensatori e, se non basta, si ricorre all'utilizzo di filtri attivi, che abbiamo studiato in precedenza.

I filtri si utilizzano per diverse gamme di frequenza, dai circuiti a microonde alla bassa frequenza audio hanno tutte i medesimi parametri base, ma la modalità di realizzazione, i componenti e l'aspetto finale sono diversissimi l'uno dall'altro.

Filtro della banda eliminata.

La pendenza di un filtro dà l'idea della frequenza di taglio del segnale che attua il filtro nella banda passante. A maggiore pendenza, curva A, corrisponde maggiore attenuazione.

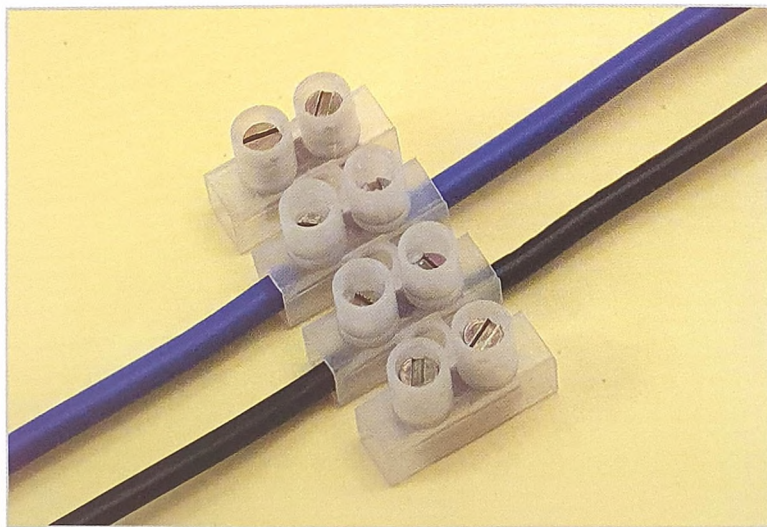
I terminali

Per garantire le connessioni elettriche vengono utilizzati i terminali.

Dobbiamo dimenticare la tecnica di spelare i cavi, quella consistente nel toglierne la copertura isolante e, dopo averne attorcigliato i fili, per effettuare la connessione, ricoprire il tutto con un nastro isolante. Non dobbiamo realizzare questo tipo di spelatura – lo faremo solamente nell'eventualità di un'emergenza – per uscire dal problema; non dovremo mai farlo come soluzione definitiva, dato che questo tipo di spelatura non garantisce la giusta pressione tra i due conduttori e, quindi, non garantendo nemmeno il contatto elettrico, col passare del tempo può perdere pressione e produrre un surriscaldamento con la possibile eventualità di produrre anche un incendio.

Le connessioni effettuate arrotolando il cavo e isolandolo con del nastro isolante, sono una soluzione d'emergenza.

Sicurezza

Le unioni tra cavi – o tra cavi e apparecchiature – mal realizzate implicano poca sicurezza nel funzionamento e, inoltre, abbassano i margini della sicurezza fisica; un cavo mal fissato, per esempio, può liberarsi e portare il telaio di un'apparecchiatura ad una pericolosa tensione e provocare, quanto meno, una scarica di corrente pericolosa per chi tocca il telaio. In genere, salvo applicazioni particolari, gli elementi per gli insiemi e per i terminali sono abbastanza economici; inoltre, per motivi di sicurezza siamo obbligati ad utilizzarli. D'altra parte l'aspetto che alcune connessioni ben realizzate hanno – e cioè con i terminali ben ordinati – è sicuramente molto migliore di un marasma di cavi disordinati e collegati in qualche maniera. In caso di guasto, inoltre, se l'installazione o l'apparecchiatura hanno un insieme di connessioni ordinato la riparazione risulta molto più semplice.

Questo semplice sistema di connessione a vite è una soluzione veloce ed economica per connettere dei cavi.

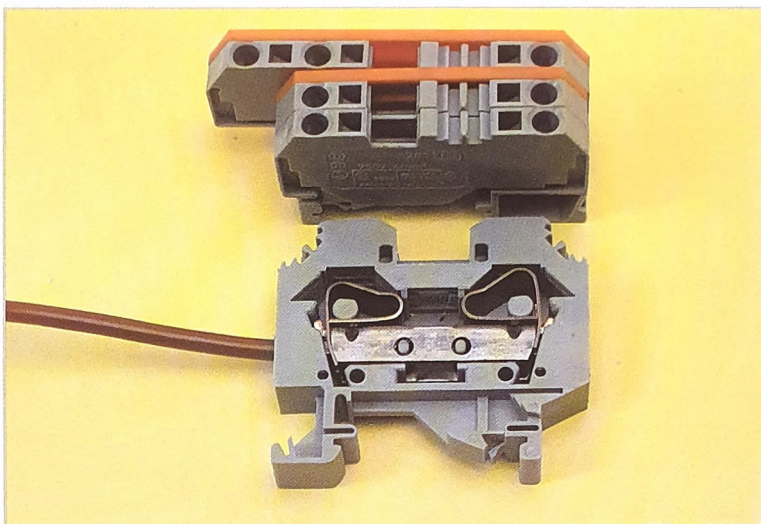
Morsetti di connessione

Negli anni passati a causa della diffusa mancanza di fondi e della scarsità di materiali, moltissime connessioni venivano realizzate, come abbiamo appena finito di descrivere, attorcigliando i cavi e isolandoli con del nastro isolante. Oggigiorno, disponiamo di molti e economici modelli di morsetti a vite che realizzano queste connessioni.

Normalmente, questi morsetti sono costituiti da 2 file per un totale di 12 connessioni e, se necessario, possono

essere ritagliati. Esistono molti calibri che si adattano, logicamente, alla sezione del cavo eventualmente utilizzato.

Morsetti con linguetta autobloccante

Le connessioni a vite sono affidabili e sicure, ma presentano l'inconveniente per cui, a volte, per ragione di velocità o di costi, è necessario utilizzare un cacciavite senza limitatore a coppia per esercitare per ogni vite l'adeguata pressione. Per una persona esperta in questo tipo di lavoro, non c'è problema, ma chi deve farlo saltuariamente corre il rischio che i cavi risultino poco serrati oppure che per eccesso di pressione la filettatura della vite o del terminale si deteriori, con il risultato di presentare comunque un cattivo contatto, anche in questo caso. Il morsetto chiamato autobloccante dal suo costruttore ha ricevuto questa denominazione perché il cavo rimane imprigionato come in una tagliola e non può essere liberato anche se viene tirato con molta forza; è un modello resistentissimo alle vibrazioni. Il morsetto non ha viti; la pressione viene esercitata da una molla in acciaio che può essere aperta utilizzando un utensile adeguato o, se non lo si possiede, un cacciavite.

Sistema di connessione a pressione del tipo a molla.

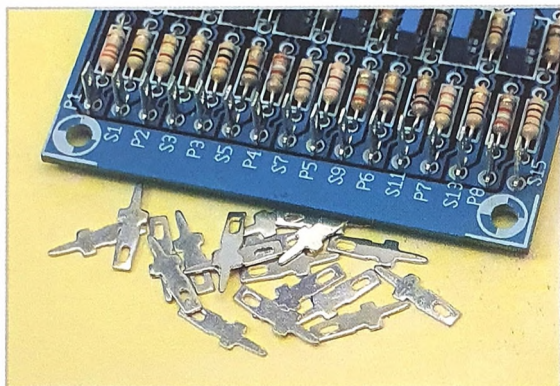
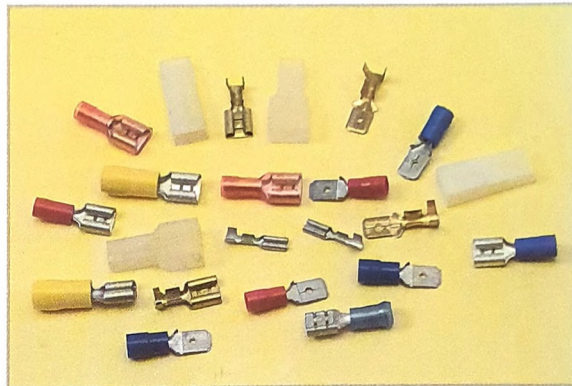
Una volta aperto il morsetto, il cavo può essere tolto o inserito, ma, una volta reinserito nella molla, il cavo risulterà molto stretto e continuerà a rimanere così. La forza esercitata dalla molla dipende dalle dimensioni del morsetto; è quest'ultimo, infatti, che esercita la pressione garantendo che la pressione esercitata si mantenga. L'utente non può quindi in alcun modo avere un cavo troppo floscio o troppo stretto.

Esistono morsetti di connessione di tutti i calibri e di tutte le qualità e addirittura dei modelli che si montano su rotaie normalizzate, pezzo a pezzo, così da creare dei grandi gruppi di morsetti.

Terminale classico in cui ogni cavo viene bloccato stringendo una vite.

Terminali per circuiti stampati

Si tende, nei circuiti stampati, ad economizzare e a saldare i cavi direttamente al circuito stampato. Quando però, si tratta di moduli che devono rimanere separati o in cui i cavi debbano essere inseriti e tolti più di una volta, conviene realizzare le connessioni a terminale, anche se andranno saldate, perché nel circuito stampato non si possono to-

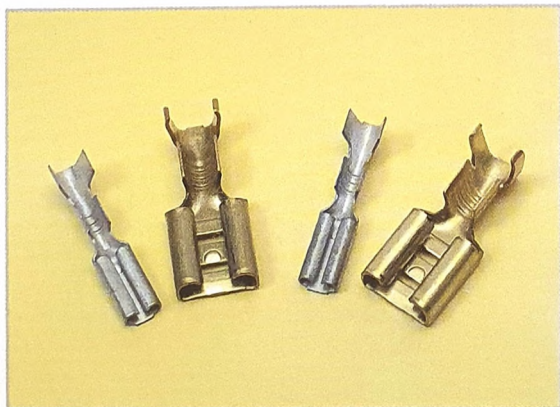
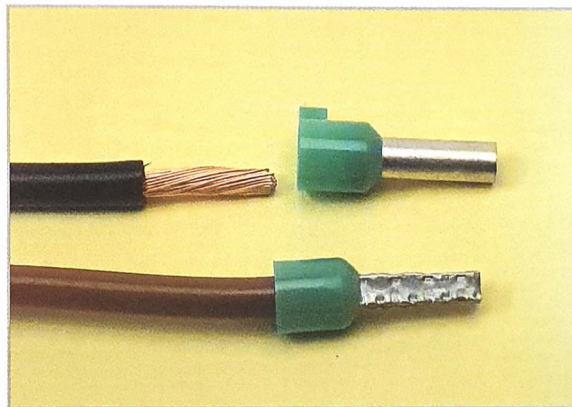
I terminali

Terminali del circuito stampato del tipo a spadino.
Si devono utilizzare per connettere i cavi al circuito stampato.

Terminali faston.
Sono molto utilizzati nelle automobili e negli elettrodomestici.

gliere e mettere saldature, e perché la lamina di rame si staccherebbe rimanendo danneggiata. I terminali di più comune utilizzo per i circuiti stampati sono i terminali del tipo a spadino, che si saldano al circuito stampato stesso. Per l'altro estremo si può utilizzare un terminale allacciabile nello spadino oppure si può saldare direttamente il cavo al terminale.

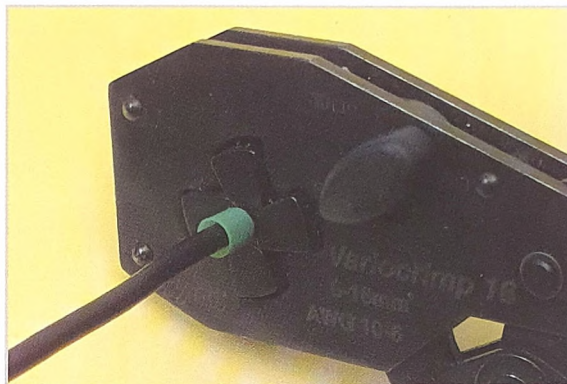
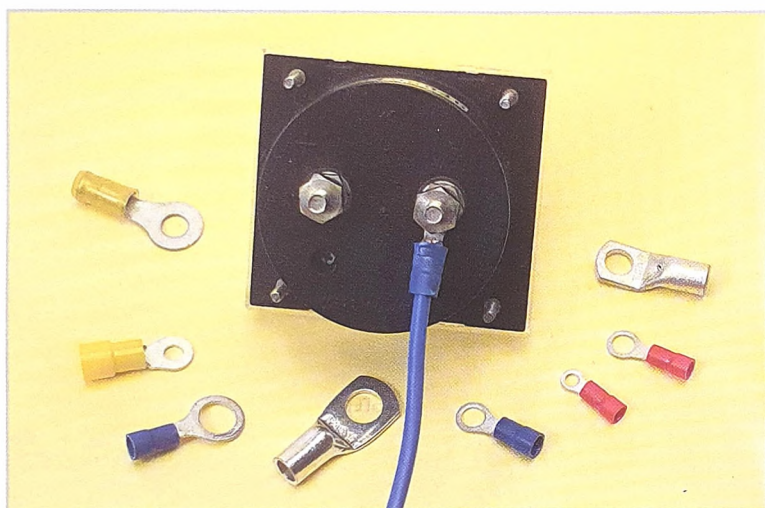
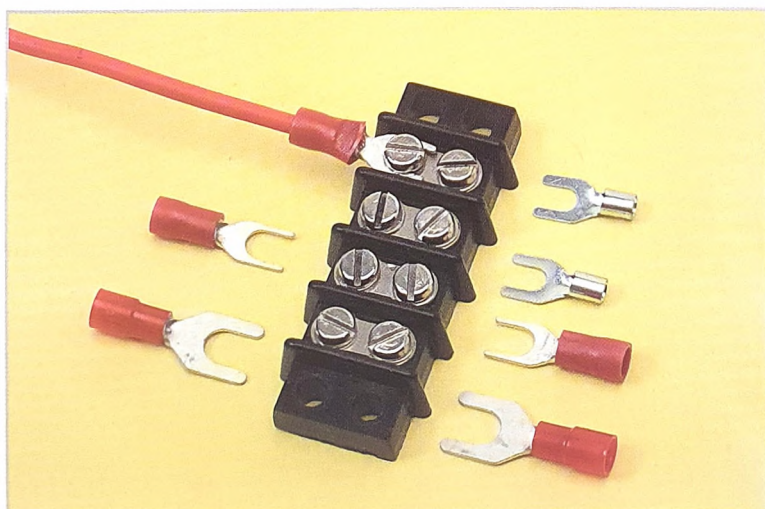
Terminale faston

Il terminale faston è economico ed efficace; è stato utilizzato per molti anni nelle automobili, negli elettrodomestici e ancora oggi continua ad essere utilizzato. C'è una grande diversità di modelli: quelli con copertura isolante e quelli senza. Esistono anche dei modelli che si saldano direttamente ai circuiti stampati e altri che si fissano alle lamelle conduttrici.

Terminali per cavi

Quando un cavo formato da diversi conduttori arrotolati viene liberato dalla sua copertura protettiva, questi sottili fili di rame risultano abbastanza disordinati e, inoltre, se si vogliono stringere in un morsetto è possibile che questi fili si spostino lateralmente e che la vite ne stringa solamente uno o due; d'altra parte, se nell'ambiente c'è dell'umidità, è facile che i fili si corrodano. Il terminale per cavi ha solitamente una forma tubolare, che può, in seguito, acquisire le più diverse forme a seconda degli attrezzi utilizzati per chiudere il terminale. La chiusura si produce in maniera tale da garantire la connessione a tutti i fili; il materiale, inoltre, risulta così stretto che non appena entra dell'aria contenente delle sostanze corrosive, il cavo non si può deteriorare. Inoltre, le viti dei morsetti stringono fermamente que-

Il terminale faston è fabbricato
in due differenti misure di linguetta e in due diversi spessori.

Le estremità dei cavi
devono essere protette con dei terminali.

I terminali

Il terminale deve essere adeguato alla sezione del cavo.

Ogni terminale deve essere chiuso con la pinza adeguata.

Terminale chiuso da un morsetto a vite.

Il terminale a U o a "forchetta" evita di svitare totalmente la vite di connessione.

sti terminali, al contrario di quanto succedeva con i cavi costituiti da fili sciolti, perché la pressione esercitata dalla vite può addirittura tranciare i fili.

Terminali chiusi

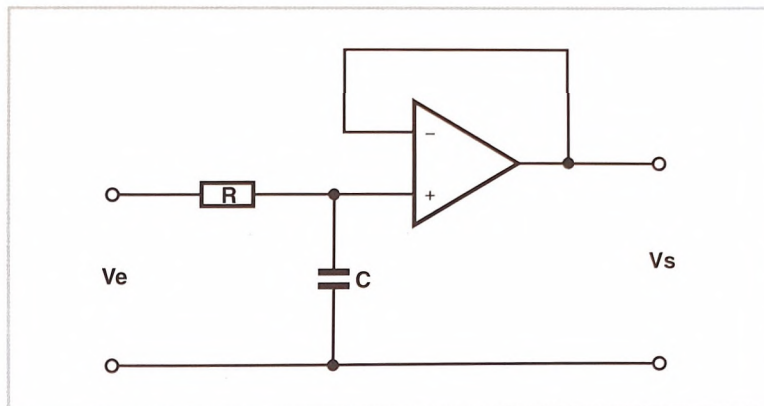
I terminali chiusi vengono utilizzati per fermare i cavi con dei morsetti la cui connessione è proprio la vite. Da un lato, si pinza il terminale e dall'altro si stringe la vite come se si trattasse di una rondella.

Terminali aperti

Nel caso dei terminali chiusi è necessario togliere completamente le rondelle e il dado di attacco. Facendo ciò, si corre il rischio di perdere questi elementi oppure, eventualità anche peggiore, di perderli all'interno dell'apparecchiatura e, quindi, di danneggiarla. Inoltre, mettere e togliere un dado porta via del tempo. Per far prima, si possono utilizzare i terminali a U, anche se si deve avere la precauzione di verificare che non escano quando si stringe la vite del morsetto; in questo caso è necessario aprirlo a sufficienza per far entrare il terminale.

I filtri attivi

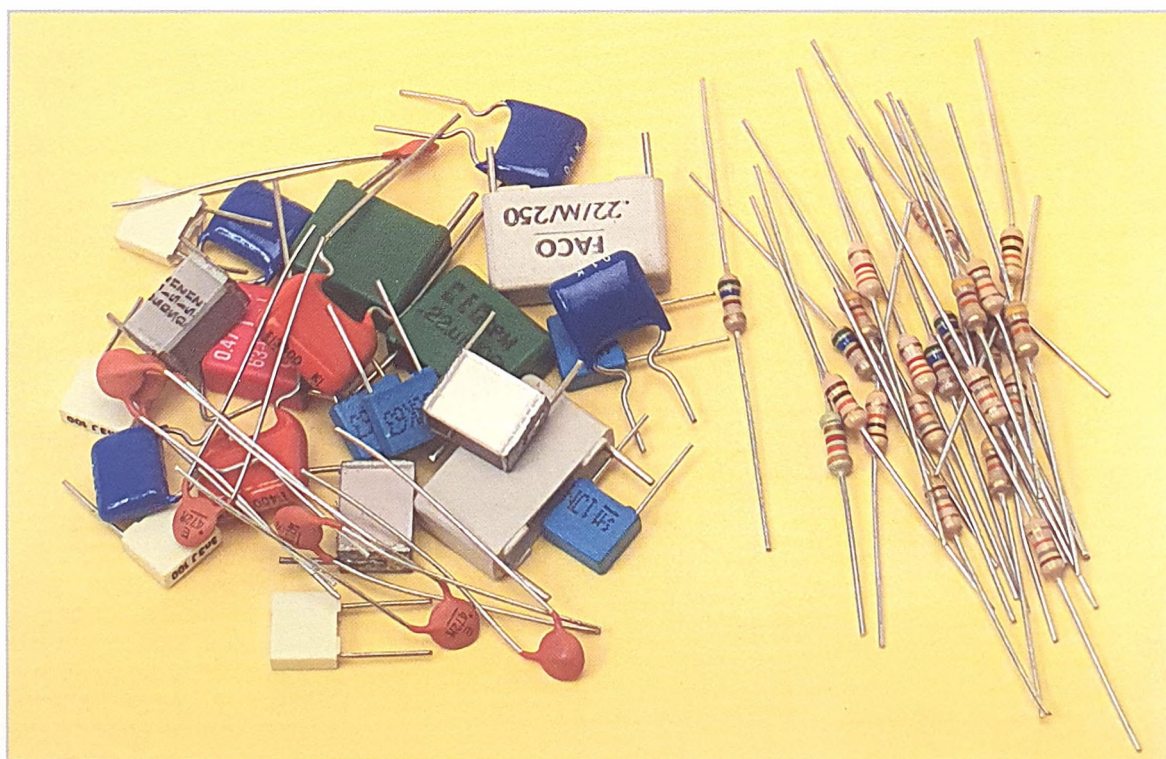
I filtri attivi non utilizzano elementi passivi; grazie a essi si riesce a ridurre sia il volume che il costo.

I filtri attivi sono realizzati, in pratica, con degli amplificatori operazionali, delle resistenze e dei condensatori e non utilizzano le induttanze (le bobine). Escludendo le induttanze, si costruiscono dei filtri di ridotte dimensioni, che, anche per le basse frequenze, raggiungono dimensioni che in molte applicazioni risultano molto più contenute di quanto avremmo con un circuito che utilizza elementi passivi.

Filtro passa basso di primo ordine; il massimo guadagno è l'unità.

Frequenza

Normalmente si utilizzano i filtri attivi fino a circa qualche centinaio di kiloHertz, ma il settore di massivo utilizzo è quello della bassa frequenza.

Quanto minore è la frequenza con cui lavorano, tanto più vantaggioso diventa l'impiego dei filtri attivi. Un'applicazione molto esemplificativa riguarda l'adattamento della risposta in frequenza degli apparecchi correttori della sordità alla risposta dell'orecchio umano. La risposta di quest'ultimo varia da un paziente all'altro e viene facilmente regolata avvalendosi di una combinazione di filtri attivi.

I vecchi apparecchi erano amplificatori con una correzione della risposta abbastanza semplice. Nei casi più difficili, per correggere con un esi-

Le resistenze e i condensatori sono i componenti passivi utilizzati nei filtri attivi.

to positivo la risposta in frequenza obbligata, si era costretti a incorporare le induttanze e ne risultavano apparati di dimensioni effettivamente grandi, che andavano trasportati in una borsa; grazie a un cavo il segnale veniva inviato a un auricolare collocato nel padiglione auricolare del paziente.

Idee base

Un filtro attivo è composto, nella maggior parte dei casi, da resistenze, condensatori e amplificatori operazionali; va detto, comunque, che ci sono anche dei circuiti integrati costruiti con dei transistor che includono al proprio interno tutti i componenti del filtro, ad eccezione di alcuni situati all'esterno per configurare il filtro. Esiste una grande varietà di circuiti e può essere notevole anche il numero degli amplificatori operazionali da utilizzare.

Anche se, teoricamente, si possono progettare filtri attivi con caratteristiche di risposta molto variabili, alcune volte essi risultano instabili, perché hanno la tendenza ad oscillare spontaneamente, mentre altre volte esigono una precisione di componenti che risulta antieconomica., perché in ogni progetto si devono utilizzare, per quanto possibile, i valori in commercio, più facilmente ottenibili nella realizzazione pratica dei progetti.

Tuttavia, esistono molte configurazioni stabili con un rischio minimo di autooscillazione, facili da progettare e che non sono molto esigenti per quanto concerne la tolleranza dei progetti.

Alcuni di questi circuiti con sicurezza di funzionamento li vedremo in seguito: sono semplici configurazioni che si avvalgono di uno o due amplificatori operazionali.

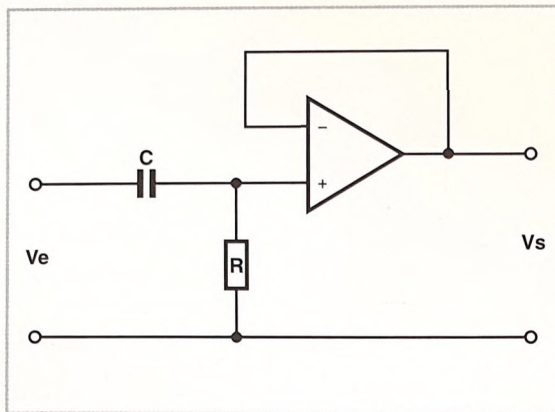
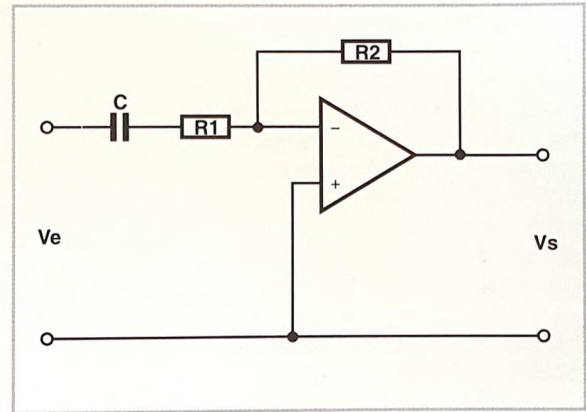
È consigliabile utilizzare dei condensatori che abbiano una buona stabilità sia in frequenza che per temperatura. Con i condensatori ceramici e in poliestere si ottengono, generalmente, dei risultati abbastanza accettabili; inoltre, li si può facilmente reperire nei negozi di componenti. Si consiglia di non usare condensatori elettrolitici.

Filtro passa basso di primo ordine; il guadagno è regolabile.

Filtro passa basso di secondo ordine.

Filtro passa basso

I filtri più stabili sono quelli che non danno guadagno; il modello più semplice consiste in un filtro passa basso RC e in un circuito pilota di tensione realizzato con un amplificatore operazionale. Il massimo guadagno di questo tipo di fil-

I filtri attivi

Filtro passa alto di primo ordine.

Filtro passa alto di primo ordine con guadagno regolabile.

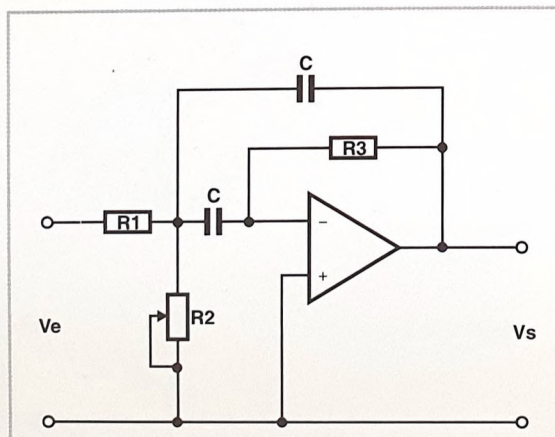
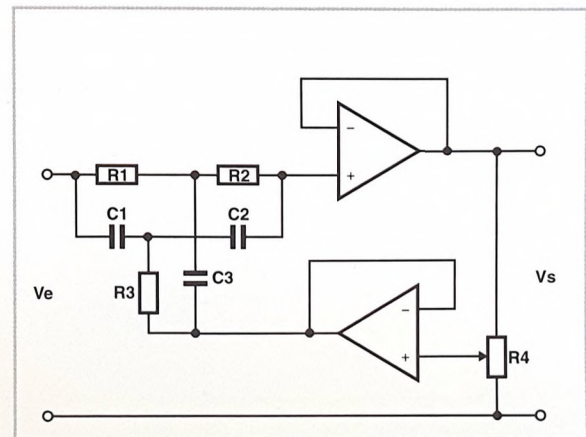
tri per frequenze situate molto al di sotto della frequenza di interdizione è l'unità, mentre è di 0,7 per questa frequenza di interdizione e diminuisce progressivamente all'aumentare della frequenza. Molte sono le teorie per realizzare il calcolo dei filtri, ma per i modelli più semplici si possono utilizzare anche delle formule approssimative. I filtri di primo ordine hanno un solo condensatore e la frequenza di interdizione viene calcolata grazie alla seguente formula: fc = 0,16/RC.

Per quanto riguarda l'altro modello di filtro, anch'esso con guadagno, anche se in realtà si tratta di un amplificatore con un condensatore nel circuito di controreazione, per il calcolo della frequenza di interdizione si utilizza la medesima formula, ma la resistenza da considerare in questo caso è R2. La formula del guadagno è G = R2/R1, ma è applicabile solamente per frequenze molto distanti dalla frequenza di interdizione.

Filtro passa alto

I filtri passa alto hanno una doppia configurazione rispetto a quelli passa basso: dove c'era un condensatore, c'è una resistenza e viceversa. Ciò consente di utilizzare le medesime espressioni del passa basso, ma in questo caso la frequenza di interdizione si calcola con la formula fc = 0,16/R1C.

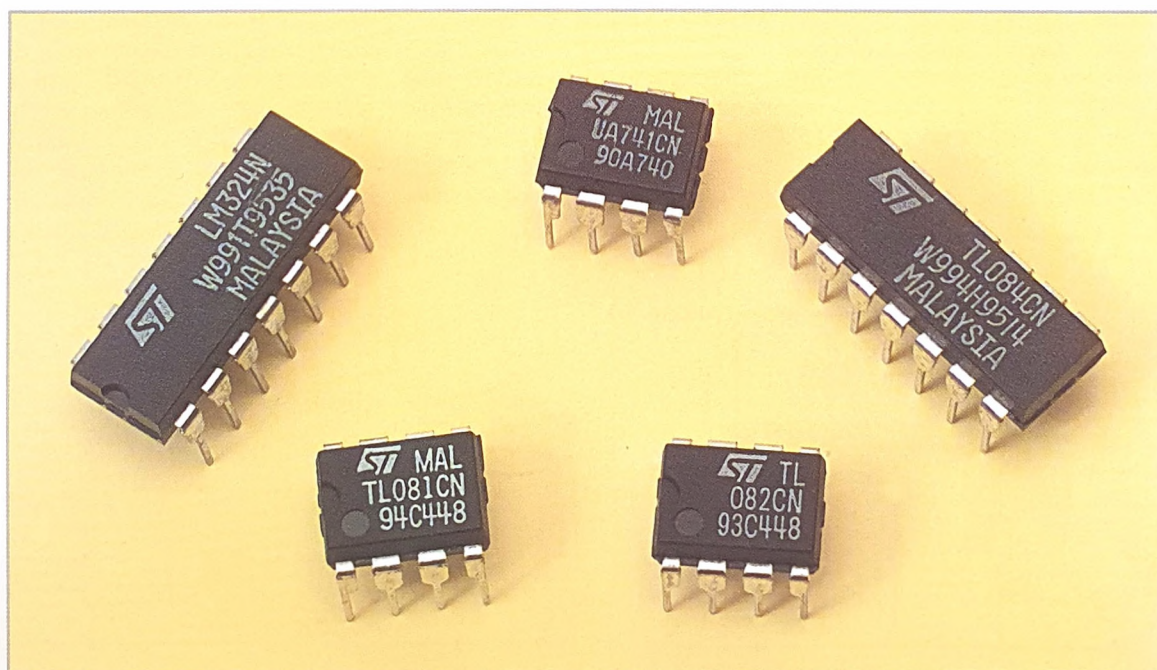
Filtro passa banda

Un filtro passa banda può essere ottenuto collegando un filtro passa alto dopo un filtro passa basso, sempre che la frequenza di interdizione del passa basso sia inferiore a quella del filtro passa alto. Per ottenere un fattore di qualità elevato, cioè una Q alta, e una banda stretta, si può utilizzare la configurazione indicata nelle illustrazioni e che dà eccel-

Filtro passa banda di secondo ordine.

Filtro per l'eliminazione della banda.

lenti risultati con guadagni fino a 20 e Q fino a 9 come massimo; se non si superano questi valori il filtro è stabile, ma se li si supera diventa instabile e inizia ad autooscillare. Più avanti realizzeremo un esperimento pratico con questo tipo di filtri e calcoleremo i valori dei suoi componenti.

I transistor, e anche altri elementi discreti sono una parte molto importante nei filtri attivi.

Filtro con eliminazione della banda

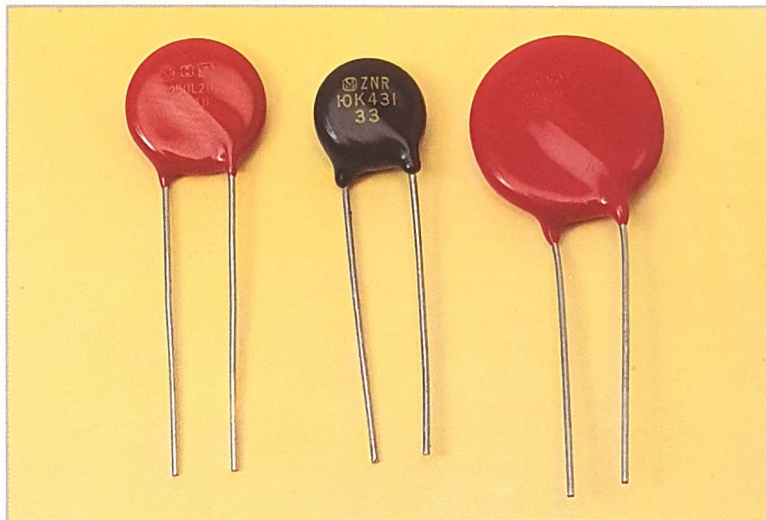
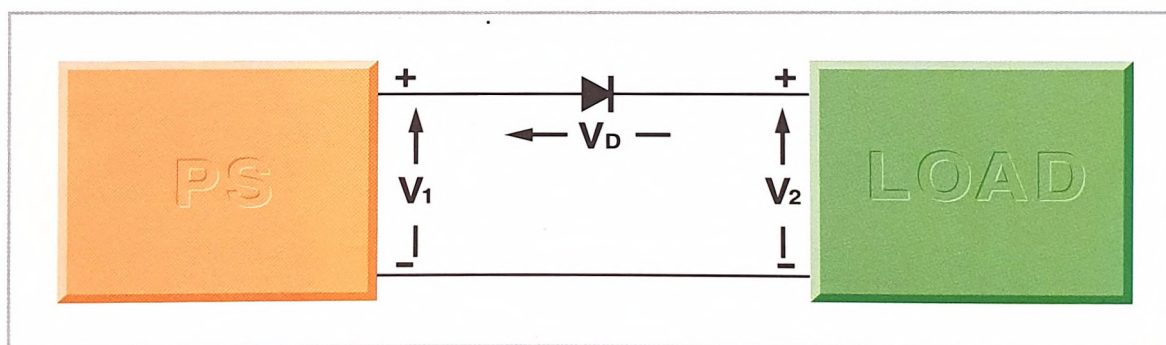
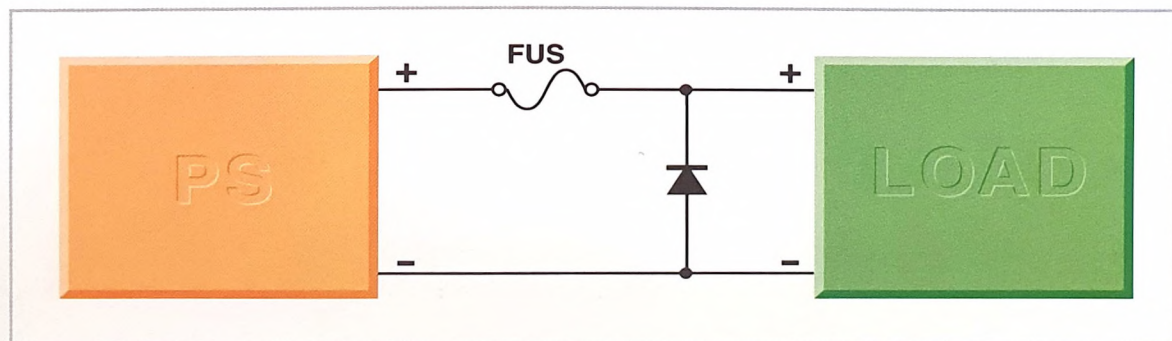
Questo tipo di filtro viene utilizzato per eliminare una stretta banda di frequenza; ha una Q elevatissima e il suo calcolo è complicato, ma lo possiamo semplificare supponendo che C1 = C2 e C3 =2C1 e che R1 = R2 = 2R3. Esistono moltissimi modelli, ma quello che presenteremo è abbastanza stabile e preciso. Anche con quest'ultimo effettueremo degli esperimenti. Ma, se vogliamo rischiare e farlo nelle esercitazioni o se vediamo un qualche esempio in un libro, dobbiamo ricordarci che, salvo venga indicato il contrario, gli amplificatori operazionali sono alimentati simmetricamente. Se non facciamo caso a questa raccomandazione, lo guasteremo sicuramente. Tuttavia, in alcuni tipi di filtro possiamo realizzare delle modifiche in maniera tale da farli funzionare con un'alimentazione asimmetrica, ma vedremo il tutto con circuiti pratici e lavorando sul laboratorio.

Gli amplificatori operazionali vengono utilizzati per costruire i filtri.

Circuiti di protezione

I circuiti devono avere una certa protezione contro l'eccesso di tensione e, in caso di tensione continua, contro le inversioni di polarità.

Uno dei nemici dei circuiti elettronici sono le sovratensioni che possono essere istantanee o durature.

La protezione da installare dipende dalla probabilità del verificarsi di una sovratensione e dall'importanza dell'apparecchiatura. Può trattarsi di una semplice elevazione della tensione, quasi senza importanza, oppure di una forte scarica atmosferica. I circuiti in tensione continua devono essere protetti dalle inversioni di polarità.

Contro una scarica atmosferica diretta non esiste protezione totale, però per fortuna, normalmente non si scarica tutta la forza del fulmine in un solo punto. Per esempio, può accadere che un fulmine raggiunga in pieno un traliccio ad alta tensione, che ne risulterà molto danneggiato, ma grazie alla sua struttura, quasi tutta l'energia verrà scaricata a terra e solamente una piccola parte si trasmetterà nella linea elettrica. Normalmente se la scarica man mano si allontana, anche i sistemi di protezione possono assorbire meglio questi impulsi anoma-

I varistori proteggono contro le sovratensioni di corta durata.

Protezione per diodo in conduzione diretta contro l'inversione di polarità.

Protezione per diodo in conduzione inversa contro l'inversione di polarità.

Circuiti di protezione

li. Tuttavia, può arrivare fino all'ingresso di un'apparecchiatura elettronica qualche piccolo picco di tensione elevata, ma la sua intensità sarà debolissima e un semplice ed economico sistema protettivo la può assorbire. Pertanto, i danni causati da una scarica elettrica possono essere evitati se le apparecchiature sono state dotate di adeguate protezioni.

La protezione da installare è normalmente determinata dall'importanza dell'apparecchio e dal suo costo. Logicamente, il centro della Polizia di una città o il radar di un aeroporto, non hanno la stessa importanza di un televisore o di uno stereo domestici.

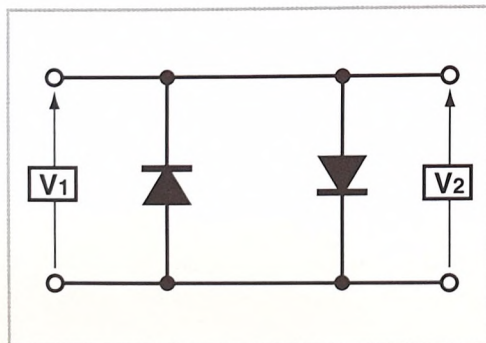
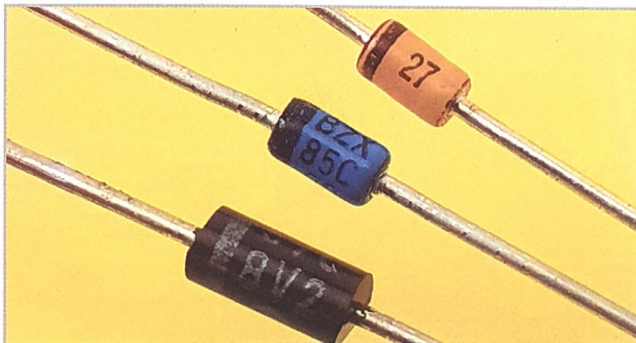
I diodi sono utilizzati per diverse protezioni.

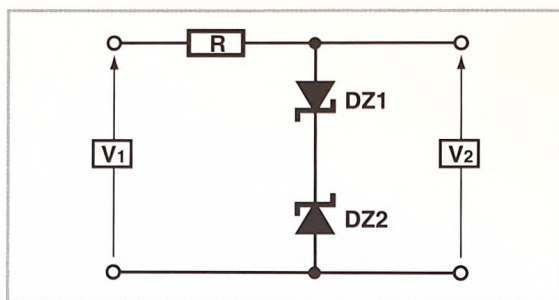
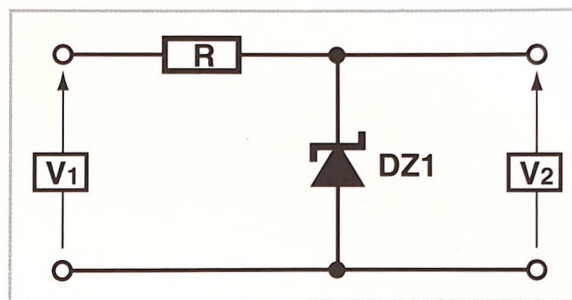
Tipologie di protezione

La prima classificazione che possiamo fare è quella di distinguere le protezioni a seconda dei componenti elettronici incorporati o meno.

Tra quelle non elettroniche, la più famosa è il parafulmine, che facilita il percorso del fulmine verso terra. Consiste, in pratica, in una punta metallica, posta in alto all'installazione e direttamente collegata, grazie a un cavo di sezione notevole, a una buona presa di terra. Si utilizza, anche, lo scaricatore costituito da una punta metallica collegata a terra e posta vicino alla linea elettrica o alla base dell'antenna, di modo che quando si genera un'elevazione di tensione, si produce un arco elettrico e successivamente viene assorbito dalla derivazione a terra.

Le protezioni contenenti componenti elettronici possono essere classificate a seconda del tipo di componente utilizzato. Possono essere diodo, diodo zener, varistore, scaricatore a gas, bobine, condensatori e altre combinazioni di più elementi. Anche l'isolamento elettrico può essere considerato una protezione elettronica: normalmente riusciamo a ottenerlo mediante l'utilizzo dei trasformatori.

Le protezioni possono essere installate in diversi punti di un'apparecchiatura: alle entrate dell'alimentazione, alle entrate delle linee telefoniche, alle entrate dei microfoni eccetera.

Limitatore bidirezionale con diodi per tensioni inferiori a 0,5 Volt.

Diodi zener.

Circuiti di protezione

Scaricatore bidirezionale con diodi zener.

Scaricatore bidirezionale con diodo zener.

Diodi

I diodi sono utilizzati per diversi tipi di protezione. Un diodo di potenza polarizzato direttamente protegge dalle inversioni di polarità, ma presenta l'inconveniente per cui nel diodo si produce una caduta di tensione che può superare un Volt in diodi di potenza che conducono correnti elevate. Per ovviare a questo problema, il diodo di protezione può essere collocato in parallelo con l'entrata dell'apparecchiatura, ma in polarizzazione inversa, di modo che se l'alimentazione viene collegata invertita, questo diodo assorbe una notevole quantità di corrente che fonde un fusibile o che attiva l'interruttore magnetotermico. Questo tipo di protezione necessita di un fusibile o di un altro elemento che interdica il passaggio della corrente quando il diodo di protezione inizia a condurre.

Le entrate per segnali di bassissimo livello di tensione possono venire protette da due diodi collegati in parallelo alle suddette entrate, uno in diretto e l'altro in polarizzazione inversa. Questi diodi conducono solamente quando la tensione del segnale d'entrata supera la soglia di conduzione dei diodi, derivando il segnale alla massa. Questa protezione è bidirezionale; è efficace, cioè, contro le sovratensioni sia positive che negative ed è approssimativamente di 0,6 Volt.

Diodi zener

Per segnali che abbiano il livello superiore a quello della soglia di conduzione del diodo, si utilizzano i diodi zener. Anche questa protezione è bidirezionale, sebbene si abbia a che fare con due diodi zener, e dato che sono collegati in opposizione, uno si comporta come uno zener e l'altro come un normale diodo; pertanto, alla normale tensione di intervento dello zener, dobbiamo sommare 0,6 Volt.

I diodi sono una buona protezione, ma non assorbono una gran quantità di energia.

Varistore

È un componente economico che pur presentando un'alta impedenza, non supera una predeterminata tensione; se quest'ultima viene superata, si comporta quasi come un corto circuito a massa. È uno dei metodi migliori per proteggere gli ingressi negli alimentatori. Si collega in serie alle entrate dell'apparecchio e si im-

Fusibile temporizzato.

piega sia per variazioni continue che alternate.

I varistori hanno un tempo di risposta velocissimo da quando ricevono la sovratensione a quando reagiscono derivandola a massa; sono capaci di condurre correnti istantanee di varie decine, e anche centinaia, di Ampère e hanno dimensioni ridotte.

Lasciano passare parte della tensione iniziale, perché si comportano come resistenze variabili, ma si tratta di una tensione bassissima che solitamente non danneggia il circuito.

Fusibile veloce.

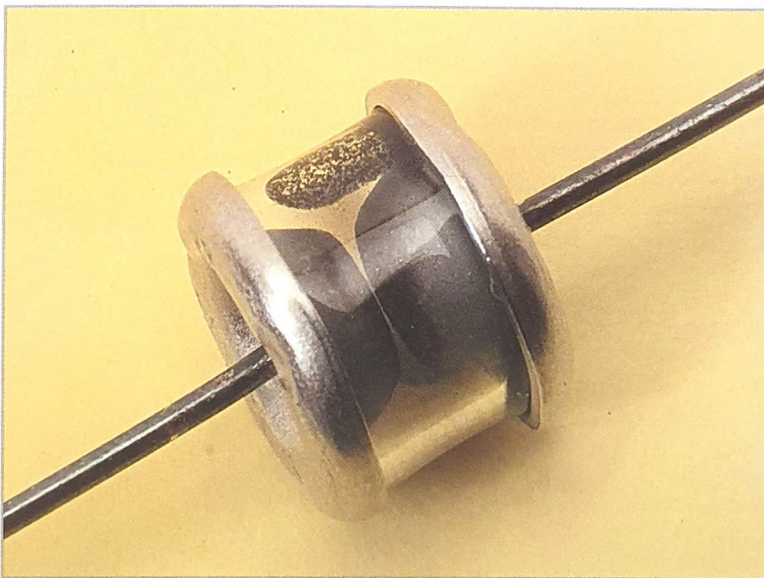
Scaricatori a gas

Il loro funzionamento somiglia a quello dei varistori: entrano in funzione, infatti, quando il livello della tensione supera quello di ionizzazione del gas contenuto nell'ampolla.

Rispondono abbastanza lentamente perché il gas che contengono al proprio interno, per ionizzarsi e agire come conduttore, necessita di un po' di tempo. Garantiscono un buon isolamento quando il gas non è ionizzato e così non influenzano il circuito che proteggono.

Fusibili

Il fusibile costituisce una protezione semplice ed economica inoltre, quando agisce, scollega l'alimentazione del circuito. In realtà, è una protezione che si fonde quando viene attraversata da una corrente superiore a quella determinata. Quando si produce una sovratensione, essa è solitamente accompagnata da un aumento di corrente. Si associa sovente a dispositivi di protezione che assorbano la corrente a cui il fusibile si fonde e interdicono la linea d'entrata della sovratensione.

Esistono diversi tipi di fusibili; quelli temporizzati o ritardati sono contrassegnati, oltre alla loro corrente nominale, con la lettera T e impiegano un certo tempo prima di fondersi. Sono impiegati in apparecchi che hanno brevi picchi di consumo. C'è anche un altro tipo di fusibile, veloce e contrassegnato dalla lettera F (dall'inglese "fast" veloce); si utilizza per proteggere apparecchi molto sensibili e si fondono rapidamente quando raggiungono la loro massima corrente.

Scaricatore a gas.

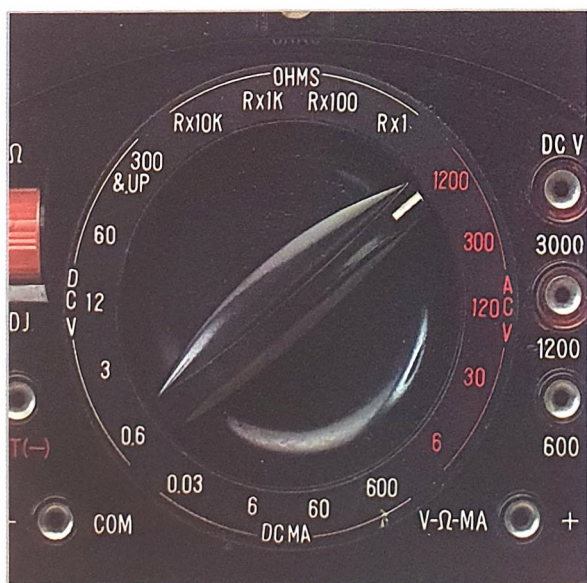
Il multimetro

Il multimetro è uno strumento di misura polivalente a basso costo e di massima utilità.

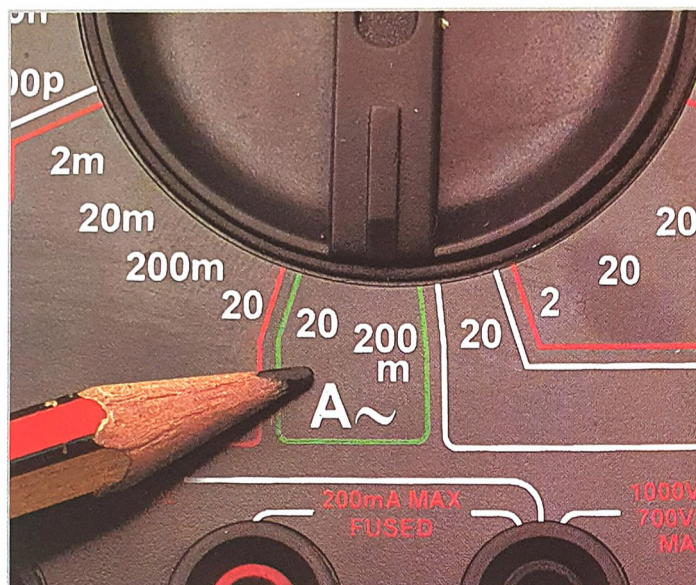
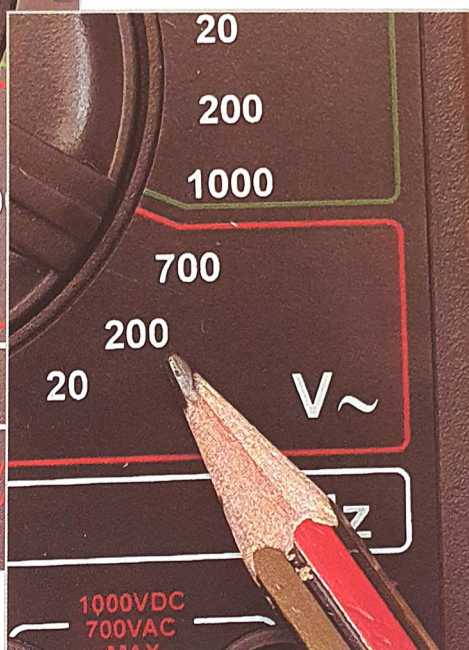
Esiste una notevole varietà di multimetri di diversa qualità e di diverso prezzo. Alcuni modelli sono costosissimi, ma sono indispensabili se si vogliono effettuare delle misurazioni di una certa precisione. Esistono, però, anche apparecchi molto economici che possiedono la precisione sufficiente per portare a termine praticamente la quasi totalità delle misurazioni che può capitare di effettuare ad un appassionato e, forse, anche la quasi totalità di quelle di livello professionale.

I primi multimetri erano analogici e potevano realizzare molte misurazioni, ma i modelli più precisi risultavano abbastanza costosi. Inoltre, erano strumenti delicati e dovevano essere periodicamente calibrati. Il loro uso era vantaggioso per un certo tipo di regolazione perché si poteva osservare in pochissimo tempo verso dove tendeva a spostarsi l'ago.

Multimetro analogico e multimetro digitale.

Qualche decina di anni fa apparvero i primi multimetri digitali con tubi Nixie – li nominiamo affinché il lettore ne possa parlare ai suoi colleghi più anziani; quindi vennero quelli con display a LED, mentre oggi hanno schermi a cristalli liquidi e con il loro ridotto consumo permettono di fabbricare strumenti con molte ore di autonomia con pile o batterie di ridotte dimensioni.

Selettore di scala e misura di un multimetro analogico.

Selettore di scala e misura di un multimetro digitale.

Il multimetro

Scale di misura per corrente alternata.

Scale di misura per tensioni alternate.

Il multimetro è uno strumento che consente di realizzare vari tipi di misurazioni; possiamo modificare le funzioni mediante un commutatore, oppure spostando la posizione dei suoi puntali di misurazione. Un multimetro realizza misurazioni in corrente continua, in tensione continua, in tensione alternata e di resistenza, come minimo, ma misura anche corrente alternata. Tutto ciò lo effettua su diverse scale, a seconda del livello del segnale da misurare.

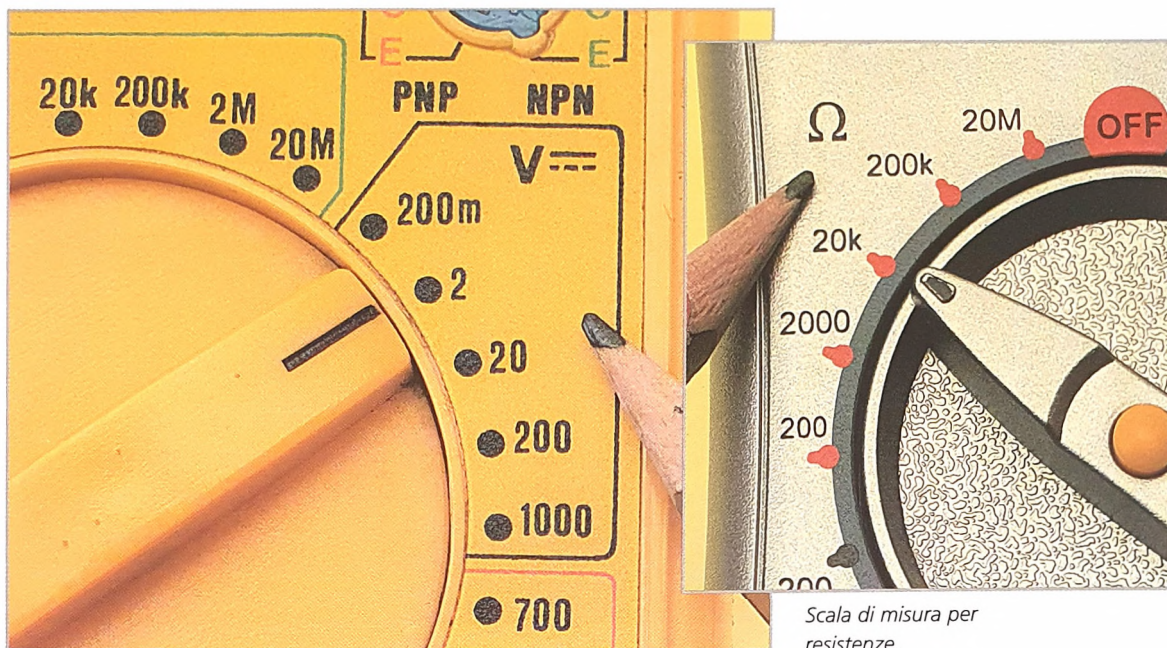
I multimetri più completi includono una sonda per la temperatura, misure per la frequenza e la capacità, se hanno margine ridotto, e sono abbastanza utili per applicazioni a bassa frequenza. Frequentemente, inoltre, sono dotati anche di zoccoli per verificare diodi e transistor.

Questo strumento si è evoluto per diversi anni ed è diventato sempre più completo; ne esistono modelli piccoli ed economici.

Scale di misura per corrente continua.

Modelli

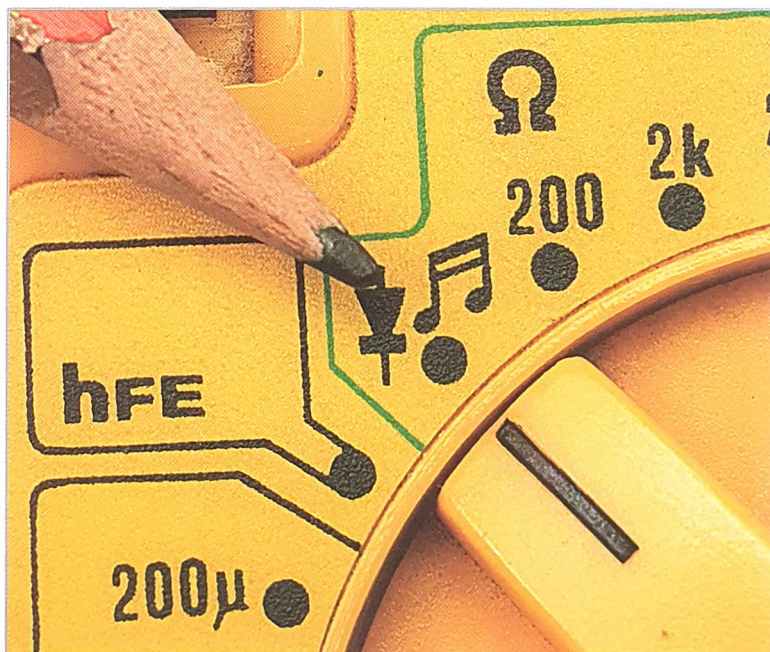
Consigliare quale modello acquistare è difficile, ma vogliamo comunque fare una raccomandazione. I modelli digitali sono robusti e la loro precisione è accettabile. Se avete esperienza nel realizzare le mi-

Il multimetro

Scala di misura per tensioni continue.

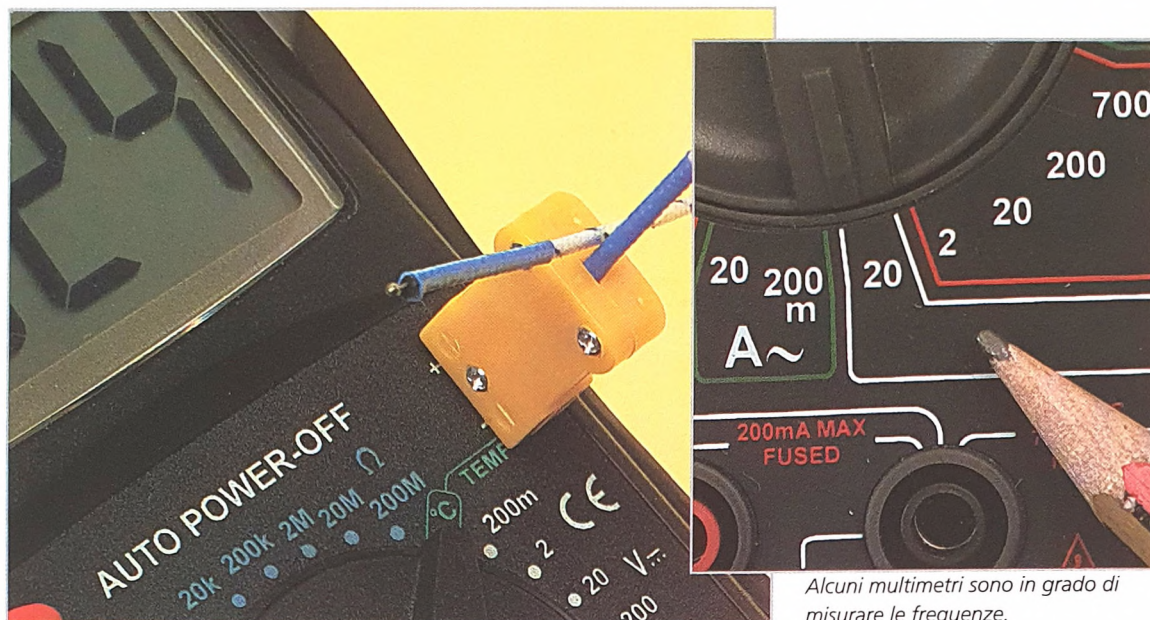
Scala di misura per resistenze.

surazioni e li sapete utilizzare, è consigliabile comprare il più completo possibile, anche se, molto probabilmente, non sarà a buon prezzo. Se, invece, non si ha abbastanza esperienza, è meglio acquistare il più a buon mercato, anche se avrà prestazioni limitate e alcune misurazioni saranno impossibili: si potranno eseguire le più correnti e nel caso lo si danneggi, cosa che all'inizio è abbastanza frequente, la sua sostituzione non sarà troppo "dolorosa". Diamo un altro importante consiglio: tolto dall'imballaggio, leggete attentamente le istruzioni, individuate quante misurazioni può effettuare e quante scale di misura ha, ma non fatene nessuna se non sapete effettuare le più facili perché è facilissimo danneggiarlo se mal utilizzato. Non misurate mai la tensione di rete e, soprattutto, non utilizzate la scala di misura della corrente; se non volete misurare le resistenze, dovete scollegarle dal circuito. Queste ultime misurazioni non costituiscono un pericolo per il multimetro.

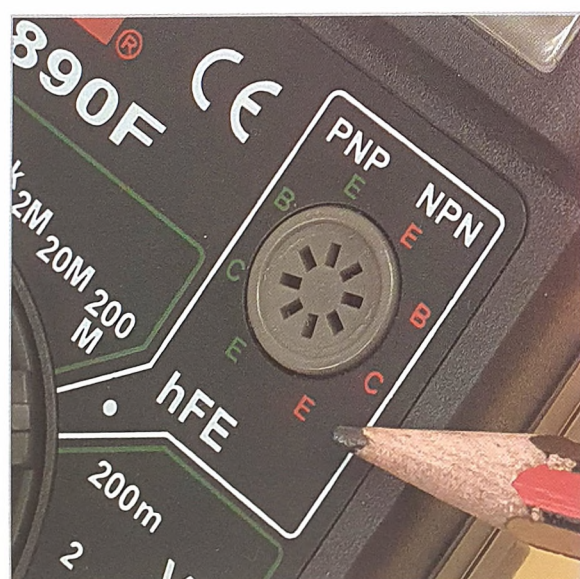
Differenze

Esistono molti tipi di multimetri, ma hanno, quasi tutti, un funzionamento simile: hanno

Indicatore per la misurazione della continuità; hanno, di solito, un indicatore acustico.

Il multimetro

Settore per le connessioni della sonda per la temperatura.

Alcuni multimetri sono in grado di misurare le frequenze.

uno schermo a cristalli liquidi con tre cifre e mezzo come minimo, un commutatore – a rotazione o a pressione – e alcuni morsetti per connettere i puntali di misurazione. Hanno anche un interruttore d'alimentazione che a volte va inserito proprio nel selettore delle funzioni e delle misurazioni. Hanno, inoltre, degli zoccoli per inserire i terminali dei transistor, dei condensatori e la sonda per la temperatura.

Tuttavia, le diversità non implicano alcun problema: spiegheremo, per i diversi modelli, a poco a poco e in generale come effettuare le misurazioni negli esempi che faremo. Non è strettamente necessario per realizzare gli esperimenti indicati nel laboratorio anche se sarebbe un buon esercizio.

Zoccoli per la verifica dei transistor.

Multimetro che misura anche i condensatori.

Logica combinatoria

Si utilizza in circuiti logici la cui uscita dipende esclusivamente dallo stato delle entrate.

I circuiti combinatori sono quelli in cui gli stati dell'uscita, o delle uscite, cioè il livello di tensione '1' o '0', dipende esclusivamente dalle entrate. Le stesse combinazioni di entrata producono sempre i medesimi stati di uscita, a differenza dei circuiti sequenziali, in cui la stessa combinazione di segnali d'entrata può dar luogo a differenti stati di uscita (ne sono un esempio i contatori). I circuiti combinatori più semplici sono le porte logiche.

Parleremo del circuito partendo da alcune premesse iniziali e passando, poi, per un'espressione logica, o equazione, che costituisce l'inizio del progetto dei circuiti digitali.

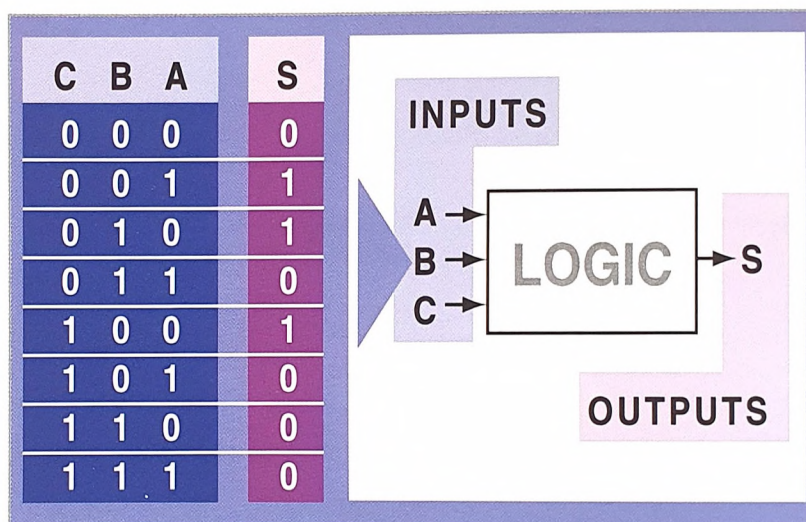
A

$$F = A\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}BCD + A\overline{B}\overline{C}D + ABCD + ABC\overline{D}$$

B

$$F = (\overline{A}+B+C)\,(A+\overline{B}+\overline{C})\,(A+B+C)\,(\overline{A}+\overline{B}+\overline{C})$$

Le espressioni canoniche possono essere poste sotto forma di somma dei prodotti (a) e sotto forma di prodotto della somma (b).

C	B	A	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Nella tavola delle verità si riflettono tutti gli stati delle entrate e delle uscite che il circuito logico avrà.

Processo di sviluppo

Spieghiamo i principi fondamentali dei circuiti combinatori di base basati sulle porte logiche. Nello sviluppo di un circuito logico, una volta definita la funzione che il circuito deve realizzare, il passo successivo è la creazione della corrispondente tavola delle verità. In questa tavola devono figurare tutti gli stati logici che le uscite dovranno assumere in funzione delle entrate.

A partire da questa ta-

Somma dei prodotti: 0 → Variabile negata; 1 → Variabile diretta

Esempi:

$0\ 0\ 1 \rightarrow \overline{C}\ \overline{B}\ A$

$0\ 1\ 0 \rightarrow \overline{C}\ B\ \overline{A}$

$1\ 0\ 0 \rightarrow C\ \overline{B}\ \overline{A}$

Nei mintermini, le variabili che valgono uno '0' logico sono rappresentate come negate ma non quelle che valgono '1'.

La funzione di uscita sarà la somma di tutti i prodotti dell'entrata che abbiano come uscita '1'.

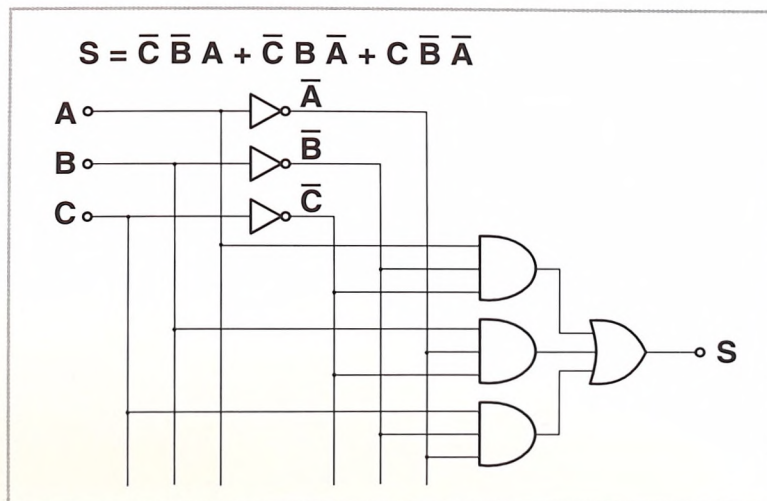
vola delle verità, si ottengono delle espressioni logiche iniziali denominate espressioni canoniche, che sono caratterizzate dal fatto che in ogni termine (prodotto o somma) appaiono tutte le variabili, sia nella loro forma diretta che in quella negata. Il successivo passaggio consiste in una eventuale semplificazione delle espressioni canoniche, cosicché anche i circuiti siano il più possibile semplici. L'ultimo passaggio è costituito dalla realizzazione pratica, che si realizza utilizzando i circuiti integrati esistenti sul mercato. Possiamo pertanto, riassumere il processo di sviluppo in cinque passaggi:

1 - definizione delle funzioni del circuito;
2 - realizzazione della tavola delle verità;
3 - conseguimento delle espressioni canoniche;
4 - semplificazione delle espressioni canoniche;
5 - realizzazione pratica.

Espressioni canoniche della funzione

Abbiamo detto pocanzi che un'espressione canonica è un'espressione logica nella quale in ogni termine appaiono tutte le variabili. Questa espressione si evidenzia direttamente dalla tavola delle verità ed è la base per lo sviluppo del futuro circuito.

Esistono due tipi di espressioni canoniche:

1 - Espressione sotto forma di somma dei prodotti: ogni termine è il prodotto di tutte le variabili. In gergo tecnico questo tipo di termine viene chiamato minitermini e, quindi, anche queste espressioni vengono chiamate espressioni in minitermini della funzione.

Il circuito logico rappresenta fedelmente l'equazione di uscita.

Logica combinatoria

2 - Espressione sotto forma dei prodotti delle somme: ogni termine è la somma tra tutte le variabili. Questi termini sono chiamati minterms e, quindi, anche le espressioni vengono chiamate espressioni in minitermini della funzione.

Espressioni canoniche in minitermini

È la maniera più normale di scrivere le espressioni per ottenere un circuito. Vediamo un esempio nel quale potremo seguire tutto il processo di un ciclo completo di sviluppo fino al raggiungimento del circuito logico.

Supponiamo di avere un circuito con tre entrate – A, B e C – e con uscita S. L'uscita deve attivarsi (essere posta a '1') solamente quando una delle sue entrate è a '1'. Se più di un'entrata è attiva, l'uscita deve essere '0'; lo possiamo vedere nell'illustrazione. Se osserviamo la tavola, vediamo che l'uscita assume il valore '1' in tre casi che corrispondono alle combinazioni binarie dell'entrata 001, 010 e 100.

Per avere l'espressione logica nella sua forma canonica di somma dei prodotti faremo come segue:

1 - A ciascuna delle combinazioni d'entrata per cui l'uscita sia S = 1 corrisponde un prodotto logico costituito da tutte le variabili d'entrata. Le variabili a '0' appaiono come negate, mentre quelle a '1' sono in forma diretta.
2 - Ciascuno dei termini dei prodotti si somma. Il risultato sarà una funzione logica nella sua forma canonica di somma dei prodotti.

In ciascuno dei termini appaiono tutte le variabili, sia nella loro forma diretta che in quella complementata: è proprio questo che caratterizza le espressioni canoniche.

A partire da qui, possiamo realizzare il circuito logico, che risponderà alle specifiche iniziali e che potrà, eventualmente, essere semplificato. Nell'illustrazione possiamo vedere il circuito corrispondente a questo esempio: ci dà un'idea del processo da seguire a partire dalla tavola delle verità. La norma, quando il circuito ci interessa, è quella di semplificare la funzione, e ciò implica la semplificazione del circuito logico corrispondente.

Somma dei prodotti ▶ 0 → Variabile diretta; 1 → Variabile negata

Esempi ▶

0 0 1 → $C\,B\,\bar{A}$
0 1 0 → $C\,\bar{B}\,A$
1 0 0 → $\bar{C}\,B\,A$

Nei minterms le variabili che sono '1' logico vengono rappresentate come negate, mentre quelle che sono '0' logico no.

C B A	S	
0 0 0	0	$C+B+A$
0 0 1	1	
0 1 0	1	
0 1 1	0	$C+\bar{B}+\bar{A}$
1 0 0	1	
1 0 1	0	$\bar{C}+B+\bar{A}$
1 1 0	0	$\bar{C}+\bar{B}+A$
1 1 1	0	$\bar{C}+\bar{B}+\bar{A}$

$$S=(C+B+A)\,(C+\bar{B}+\bar{A})\,(\bar{C}+B+\bar{A})\,(\bar{C}+\bar{B}+A)\,(\bar{C}+\bar{B}+\bar{A})$$

La funzione dell'uscita sarà il prodotto delle sommatorie dell'entrata la cui uscita sia '0'.

Espressioni canoniche in maxitermini

In questo caso, l'espressione canonica è espressa dai prodotti delle somme, invece che dalla somma dei prodotti. Ogni termine è la somma di tutte le variabili nella loro forma diretta o negata.

Per ottenere la funzione sotto forma dei prodotti delle somme seguiremo i seguenti passaggi:

1 - A ogni combinazione di entrate tale per cui la funzione sia '0' corrisponderà una somma composta da tutte le variabili d'entrata; le variabili a '0' appaiono nella loro forma diretta, mentre quelle a '1' appaiono nella loro forma negata.

2 - Ciascuno di questi termini, somme, è in relazione con l'operazione prodotta. Appare, così, l'espressione logica della funzione nella sua forma canonica di prodotto delle somme - detta semplicemente espressione in maxitermini. Possiamo osservare che si opera in maniera inversa rispetto a come si faceva per ottenere l'espressione come somma dei prodotti.

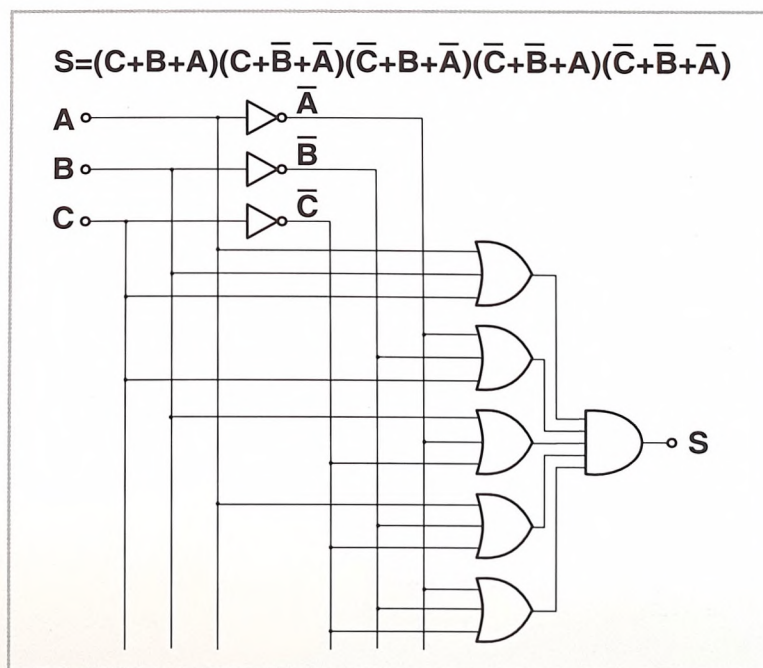
Vediamo un esempio grazie al quale, partendo da questo, otterremo un circuito logico. Se osserviamo l'illustrazione, vediamo che le combinazioni dell'entrata che producono un'uscita sia '0' sono cinque; appariranno, pertanto, cinque funzioni di somma. L'espressione della funzione si compone del prodotto di tutti questi termini.

Nel circuito corrispondente a questa espressione logica, l'uscita è a '0' per tutte le combinazione d'entrata indicate. Nelle restanti combinazioni, l'uscita sarà a '1'.

Le espressioni canoniche in minitermini e in maxitermini, quindi, sono equivalenti a livello operativo: generano la medesima funzione logica, anche se in maniera differente e con differenti circuiti logici. Proprio come si può dedurre, il circuito di questo esempio, corrispondente all'espressione in maxitermini, è più complicato rispetto a quello corrispondente all'espressione in minitermini. Tuttavia, non è sempre così: decideremo volta per volta se i circuiti saranno più semplici se realizzati in minitermini o in maxitermini. Dobbiamo scegliere, quindi, la modalità che più ci conviene per portare a termine il nostro montaggio. Dobbiamo dire, comunque, che di norma le equazioni appaiono come somma dei prodotti.

Negazione

Nelle equazioni logiche si utilizza la negazione, detta anche inversione. Quando c'è uno '0' e lo si inverte, esso diventa '1' e viceversa. La negazione viene espressa mediante un trattino orizzontale situato sopra la lettera, o sopra l'espressione da invertire. Una lettera, o un'espressione, risulta uguale a se stessa quando viene negata due volte: lo si fa, a volte, come passaggio intermedio per semplificare le equazioni.

Le funzioni logiche di uscita possono essere semplificate e, di conseguenza, si riduce anche il corrispondente circuito elettronico: questo presuppone una riduzione di spazio, oltre che di costi, ma vedremo tutto ciò in seguito.

Il circuito logico è un fedele riflesso dell'equazione di uscita.

Semplificazione delle funzioni

È quasi sempre possibile semplificare un'equazione logica per ridurre il numero di componenti del circuito.

L'elettronica non è unita alla matematica anche se queste due scienze possono seguire percorsi paralleli; a qualcuno potrebbero sembrare strane le pagine seguenti, ma quando avrà studiato questi argomenti, si accorgerà di aver percorso già molto cammino. Ad ogni modo, si devono considerare sia la matematica che l'elettronica e grazie agli esperimenti proveremo la semplificazione delle funzioni.

Proprio come abbiamo visto in precedenza, partendo dalla tavola delle verità, possiamo ottenere delle espressioni logiche che daranno luogo a un circuito operativo, sempre che questo soddisfi le specifiche previste. Tuttavia, le espressioni canoniche possono – solitamente – essere semplificate per ottenere circuiti maggiormente semplici. È chiaro che, quanto più si semplificano queste espressioni, tanto più ridotti risulteranno i corrispondenti circuiti. Da qui l'interesse generale per la semplificazione delle funzioni.

Un esempio

Possiamo verificare, grazie all'esempio, che circuiti con diversi livelli di complessità compiono la medesima funzione logica oppure, detto altrimenti, che ad essi corrisponde una stessa tavola delle verità.

I circuiti dell'illustrazione hanno differenti funzioni che, però, sono equivalenti e quindi hanno la medesima tavola delle verità. L'espressione canonica è più complessa rispetto alla precedente e ancora più complessa risulta l'espressione come prodotto delle somme. Tutte e due le espressioni, comunque, rappresentano la stessa funzione e sono, pertanto, equivalenti, proprio come lo saranno i corrispondenti circuiti. Le espressioni non canoniche semplificate sono una conseguenza dell'applicazione della semplificazione alle espressioni canoniche.

In generale, possiamo dire che una stessa funzione può essere rappresentata in diversi modi. Ovviamente, si devono porre le funzioni nella loro forma più semplice soprattutto perché con ciò si semplifica la realizzazione del circuito.

Metodi di semplificazione

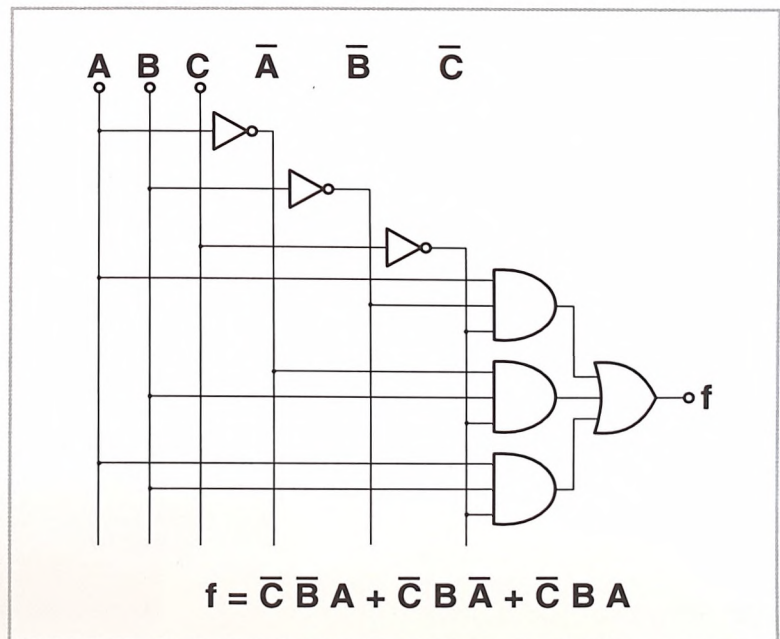
La semplificazione delle funzioni logiche può essere effettuata mediante diversi metodi, che sono:

1 - Metodo algebrico.
2 - Metodo grafico, tavole di Karnaugh.
3 - Metodo di Quine McCluskey.

C	B	A	S
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

$f=\bar{C}\bar{B}A+\bar{C}B\bar{A}+\bar{C}BA$

A partire dagli 'uno' della tavola delle verità, otteniamo la funzione logica.

Il metodo algebrico si basa sull'applicazione delle regole dell'algebra di Boole all'espressione da semplificare. È un metodo puramente matematico e, pertanto, non ordinato, la cui efficienza si deve alle conoscenze e all'esperienza che si possiede dell'algebra di Boole.

Il circuito corrisponde all'equazione logica ottenuta dalla tavola.

C	B	A	C	A+B	f
0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0

$$f = \overline{C}\,(A + B)$$

L'equazione logica si riduce per semplificazione.

Tra i differenti metodi di semplificazione, parleremo di quello delle tavole di Karnaugh per via del loro facile utilizzo, della loro efficacia e della popolarità, anche se si deve dire che a partire da più di quattro variabili comincia a perdere di interesse perché il suo procedimento diventa troppo laborioso.

Il metodo di Quine McClusky è ordinato, quindi è indicato per semplificare funzioni complicate con più di quattro variabili. Il suo procedimento d'applicazione è lungo e complesso, la metodologia di ordinamento lo rende adatto per essere realizzato mediante computer. Tuttavia, dobbiamo anche dire che la semplificazione di funzioni con più di quattro variabili è un'eventualità che si presenta raramente. Non tratteremo questo metodo a causa della sua complessità.

Matematica logica

Le equazioni logiche sono formate da variabili che contengono molte delle proprietà più usuali della matematica convenzionale. Tra queste proprietà ci sono la proprietà commutativa, quella associativa e quella distributiva. Quest'ultima ha un valore aggiunto ed è quello che è rispetto alla somma e rispetto al prodotto.

Regole logiche

Esiste una serie di regole logiche molto evidenti, ma che tuttavia ci possono sembrare a prima vista un poco incomprensibili. Da qui, familiarizziamo con le più usate, in modo che all'occorrenza ci saranno di grande aiuto quando dovremo cominciare a lavorare con le equazioni.

Teoremi

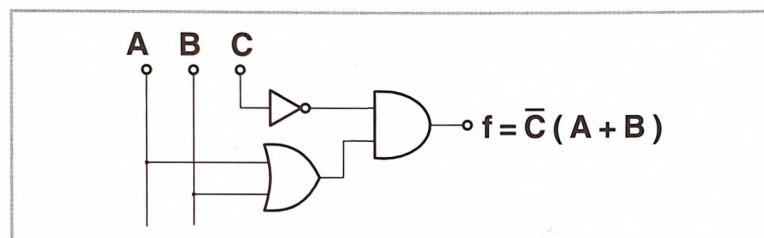
Di tutti i teoremi esistenti, meritano di essere menzionati soprattutto due, e uno lo abbiamo già menzionato prima: stiamo parlando del Teorema di Morgan o della ridondanza.

Morgan ci dice che se abbiamo un'inversione di due variabili (sommate o moltiplicate), eliminando l'inversione, il segno cambia, di modo che, se era una somma, diventerà un

I due teoremi più importanti dell'algebra logica.

Semplificazione delle funzioni

Regole AND	Regole OR
$A \cdot 0 = 0$	$A + 0 = A$
$A \cdot 1 = A$	$A + 1 = 1$
$A \cdot A = A$	$A + A = A$
$A \cdot \bar{A} = 0$	$A + \bar{A} = 1$

Per la semplificazione, esistono delle regole – utilissime – da seguire.

La riduzione dell'equazione implica anche la riduzione del circuito.

prodotto, mentre se era un prodotto, passerà ad essere una somma. La stessa cosa succede se abbiamo le due variabili invertite sommate o moltiplicate e le invertiamo a due per volta: anche qui il segno cambia (vedi illustrazione).

Il Teorema della ridondanza implica che un'espressione logica – somma dei prodotti – di un prodotto che contenga tutti i fattori di un altro prodotto, è ridondante.

Logica programmabile (PLD)

I dispositivi programmabili, come si può supporre, migliorano sempre più, giorno dopo giorno. Non c'è nessun freno per i ricercatori che fanno nascere nuove possibilità, tanto per fare un esempio, a questi dispositivi denominati "Logiche Programmabili", che possono essere progettati su misura dell'utente finale. Si tratta di matrici programmabili che altro non sono se non una rete di interconnessioni interne in cui può essere sviluppata una funzione logica.

Per riuscire ad avere un chip finale si deve seguire una serie di precedenti passaggi: innanzitutto, a partire dalla tavola delle verità, si dovrà ottenere la funzione logica da sviluppare; in seguito, detta funzione verrà semplificata e la si adatterà al dispositivo selezionato (porte OR o AND) e l'ultimo passaggio è la scrittura sul dispositivo logico e la sua verifica così da poter realizzare prima una protezione facoltativa.

Vantaggi apportati dai PLD

Enumereremo alcuni dei più importanti vantaggi apportati dal-

Legge commutativa

$$A + B = B + A$$
$$A \cdot B = B \cdot A$$

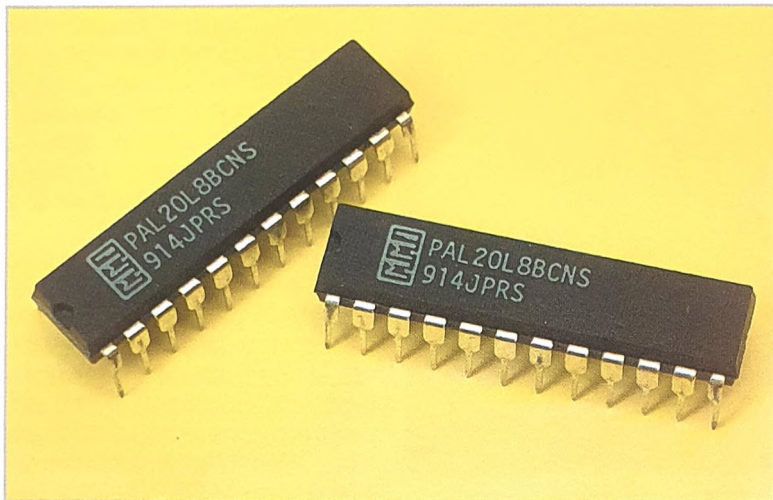
Legge associativa

$$A + B + C = A + (B + C) = (A + B) + C$$
$$A \cdot B \cdot C = A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$$

Legge distributiva

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$
$$A + (B \cdot C) = (A + B)(A + C)$$

Anche le proprietà matematiche sono applicabili alla logica.

Semplificazione delle funzioni

L'aspetto di un dispositivo logico programmabile è il medesimo di quello di un normale integrato.

l'utilizzo di questo tipo di tecnica:

Facile progettazione: le interfacce necessarie, come i programmi, sono abbastanza facili da usare e non sono sempre necessariamente costose.

Prestazioni: sono le medesime che un circuito logico convenzionale garantisce.

Costo: malgrado l'inversione iniziale del costo sia del PLC che dei dispositivi di programmazione, il risparmio di spazio per quanto riguarda la piastra riduce sia il consumo che la spesa finale.

Sicurezza e affidabilità: dato che il numero dei circuiti risulta ridotto, diminuisce anche il numero di guasti. Per quanto concerne la sicurezza, dispongono di un sistema che ne impedisce la lettura e quindi la copiatura.

PLD: tipologie

Esistono vari tipi di dispositivi logici programmabili, tra cui andiamo ad enumerare:

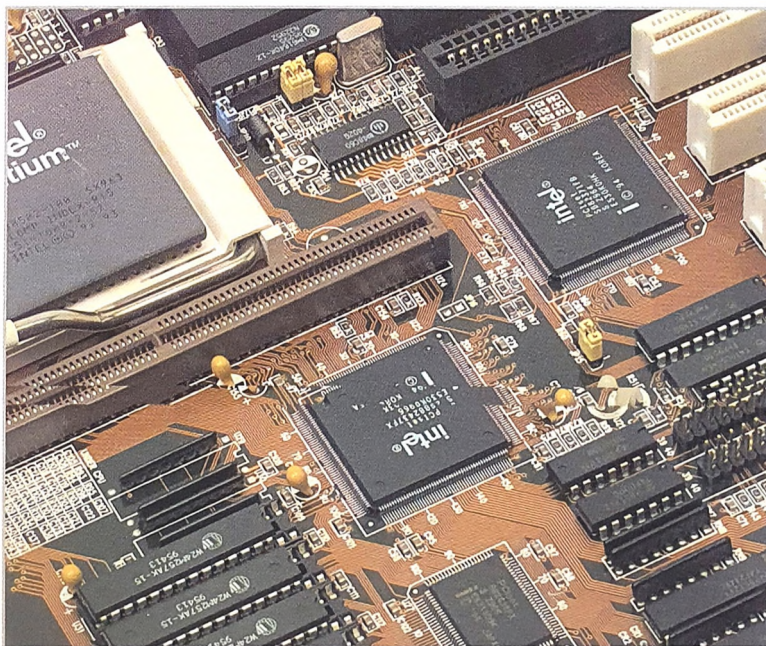
P.A.L.: è il più popolare tra tutti. È caratterizzato dal fatto che la matrice, costituita da porte AND, è programmabile, mentre le matrici basate su porte OR non sono programmabili.

G.A.L.: può essere cancellato mediante impulsi elettrici.

F.P.L.A.: in questo dispositivo sia la matrice costituita da porte AND che quella costituita da porte OR sono programmabili. Può incorporare transistor da utilizzarsi in caso di necessità.

"Procedure" di progettazione

Arrivati a questo punto, vediamo quali sono le procedure da seguire per portare a termine un progetto logico secondo i nuovi passaggi che abbiamo visto finora:

1° - Compilazione della tavola delle verità.
2° - Ottenimento delle espressioni canoniche.
3° - Semplificare, se possibile, le suddette equazioni.
4° - Progettare il circuito relativo.
5° - Realizzare il circuito con i circuiti logici o implementare il circuito con un dispositivo PLA.

Attraverso la conoscenza dei circuiti logici e delle espressioni matematiche, comprenderemo il funzionamento dei circuiti più complessi.

Misurazione delle tensioni continue

La tensione continua si misura con un voltmetro per tensione continua, di solito integrata in un multimetro.

La misurazione delle tensioni continue è relativamente semplice: non è necessario interrompere la continuità del circuito, basta applicare i puntali del multimetro a ciascuno dei due punti tra i quali si intende misurare la tensione.

Il multimetro è uno strumento che viene utilizzato per misurare la tensione, in questo caso la tensione continua.

Attenuatore d'entrata

Il livello delle tensioni da misurare è diverso volta per volta; può essere necessario misurare 30 mV, 4 V, 149 V, 0,6 V, 540 V eccetera. Lo strumento standard sul quale sono solitamente basati i multimetri di utilizzo corrente è un voltmetro con una sensibilità di 200 mV per poter ottenere una riduzione efficace del livello del segnale da misurare, cosa di cui dovremo in seguito tenere conto, quando dovremo calcolare il risultato. Grazie all'attenuatore la tensione massima che sarà presente nel voltmetro sarà di 200 mV. Le diverse posizioni dell'attenuatore daranno luogo alle diverse scale.

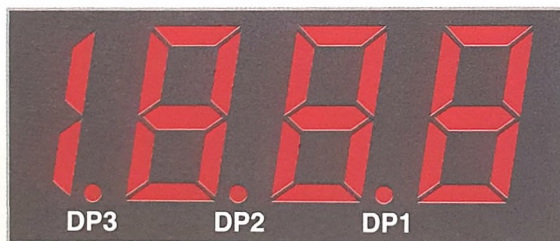
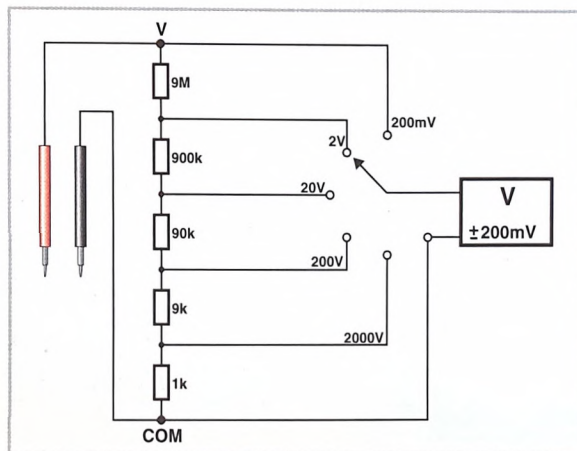
Scale

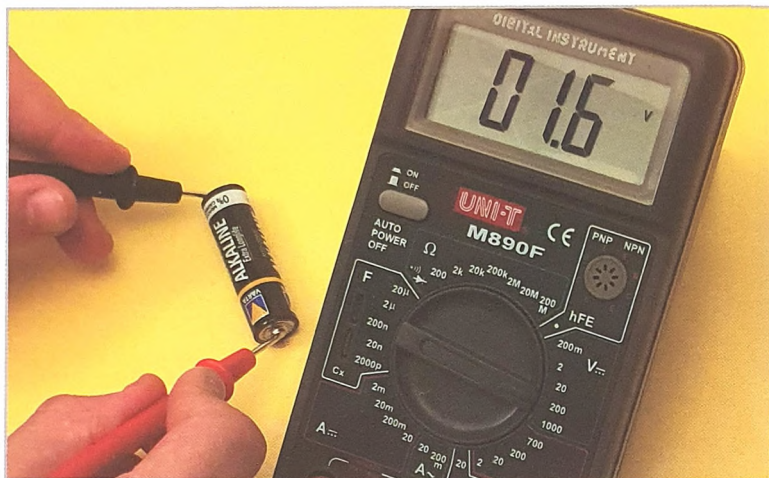
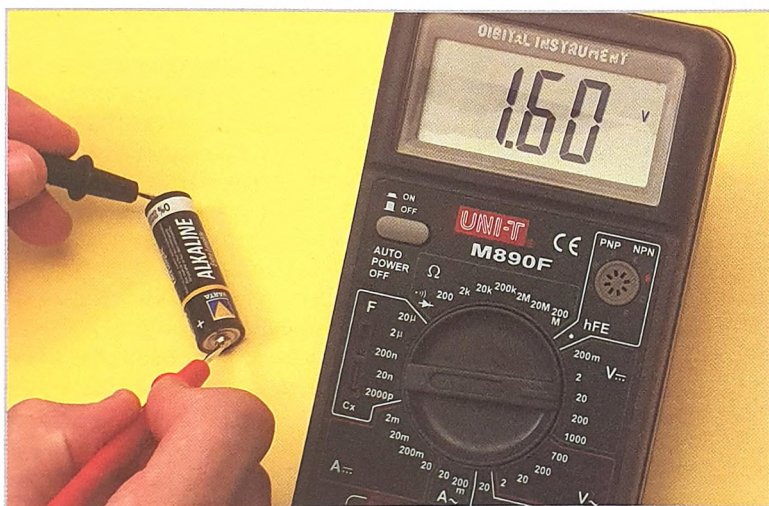
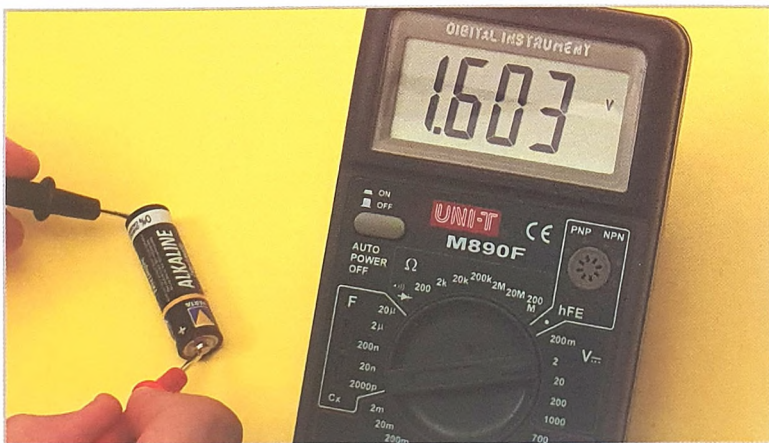
Per misurare la tensione continua con dei multimetri digitali, le scale più utilizzate sono quelle di 200 mV, 2.000 mV (2V), 20 V, 200 V e 2.000 V; possiamo selezionarle mediante un commutatore rotativo. Quando cambiamo di scala con il commutatore, vengono a prodursi diversi cambiamenti: il primo, ovviamente, riguarda il cambiamento d'indicazione della scala, il secondo la commutazione nel valore adeguato dell'attenuatore e il terzo la posizione sul display del punto decimale.

Suddivisione della scala

La suddivisione della scala è il massimo livello di tensione misurabile per ciascuna scala, ma dobbiamo rammentarci di una piccola limitazione nei multimetri digitali: ci riferiamo a quelli di uso più comune con il display a 3,5 cifre, tuttavia anche i display con più cifre possono presentare lo stesso problema.

Quando diciamo che la suddivisione della scala è di 200 mV, significa che la massima tensione che può essere misurata senza partitori o resistenze attenuatrici è di 200 mV, se però consideriamo la visione digitale della misura, il numero massimo rappresentabile è 199,9 che di norma

Punto decimale	Scala	Lettura
DP1	200 mV	199.9
—	2.000 mV	1999
DP3	2 V	1.999
DP2	20 V	19.99
DP1	200 V	199.9
—	2.000 V	1999

Display a 3,5 cifre utilizzato nei multimetri più semplici.

Schema elettrico di un attenuatore di tensione.

Misurazione delle tensioni continue

Misurazione della tensione di una pila da 1,5 Volt con una scala da 99 Volt.

Misurazione della tensione di una pila da 1,5 Volt con una scala da 20 V (fondo scala).

Misurazione di una pila da 1,5 Volt con una scala da 2 V (fondo scala).

non costituisce alcun problema, ma se volessimo avere una visione più esatta della misura in esame, dovremmo predisporre il nostro multimetro sulla misura immediatamente superiore.

Un'altra differenza dei multimetri digitali consiste nella rappresentazione della tensione misurata: se la scala utilizzata è quella di 2 Volt e la tensione misurata è di 2 Volt, potremo osservare sul display 2.000 che equivale a 2 mila millivolt. Questa condizione è valida anche per misure superiori o inferiori, ad esempio 1,67 Volt, a seconda della scala prescelta potrebbe essere 1,6 o 1,670.

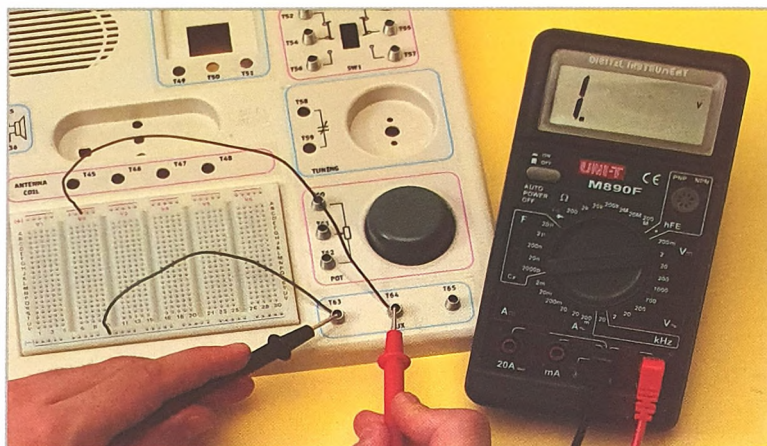
Tensione massima

In alcuni multimetri, anche se teoricamente è possibile la misurazione di tensioni di 2.000 Volt, possono avere il display che indica al massimo 1.000 Volt; è chiaro che se si vuole effettuare questo tipo di misura, ci dovremo fornire di un apposito adattatore che, con una scala adeguata, ci permetterà di leggere il valore della tensione misurata. Non sempre i multimetri sopportano alte tensioni, quando sono progettati per questo scopo, hanno l'indicazione "High Voltage" o "Alta Tensione".

Segno (positivo o negativo)

Nei multimetri digitali il segno viene assegnato automaticamente; se si invertono le connessioni, sulla sinistra dello schermo, appare il segno '-'. Ovviamente, avendo la corrente continua un segno, lo possiede anche la tensione.

I multimetri hanno due puntali di misurazione (con un isolamento abbastanza ampio da iso-

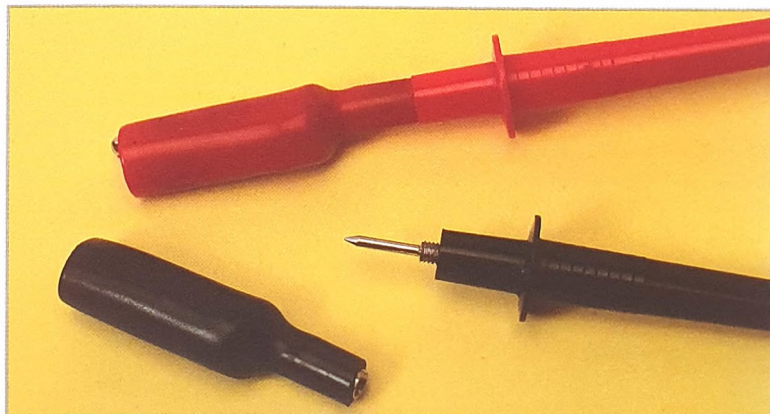
Misurazione delle tensioni continue

Se la tensione supera la suddivisione della scala, sul display si illumina solamente l'1 a sinistra: in questo caso si agirà sull'attenuatore per passare a una scala superiore.

lare la mano durante la misurazione): una rossa per il positivo e l'altra nera per il negativo. Inoltre, si possono utilizzare anche delle pinze a coccodrillo, che si possono fissare a vite o a pressione agli stessi puntali di cui abbiamo appena parlato, così da poter avere una o tutte e due le mani libere durante la misurazione. Frequentemente si collega il puntale di misurazione alla massa mediante una pinzetta. Se abbiamo bisogno di una mano per effettuare una regolazione, per impugnare il puntale ce ne rimane solamente un'altra! Quando si effettuano delle misurazioni, si deve tenere conto del fatto che i puntali sono metallici e, unendo due punti che non devono assolutamente essere uniti, possono provocare un cortocircuito; se dobbiamo operare in parti in cui c'è questa eventualità, conviene ricoprire con un piccolo tubo isolante, per esempio termorestringente, il puntale di misurazione, ad eccezione del suo tratto finale (la punta): in questo modo lasciamo scoperta solamente una piccola parte e con essa effettuiamo la misurazione. Per facilitare le misurazioni e per far sì che non si deteriori per l'uso, il cavo da utilizzare deve essere costituito da fili sottilissimi, che, oltretutto, gli conferiscono anche una notevole flessibilità.

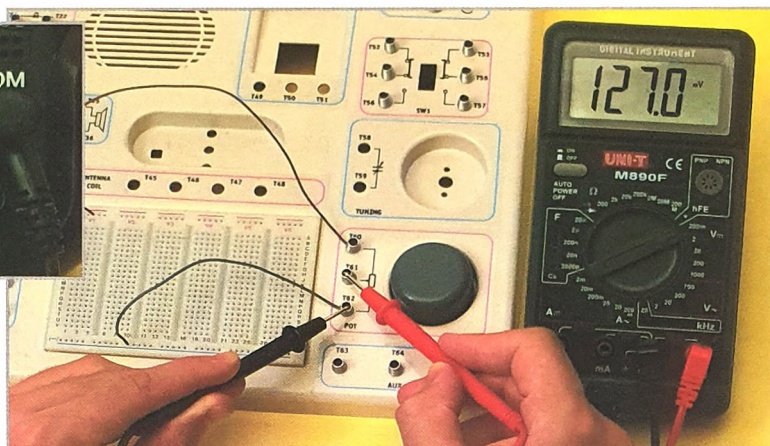
Procedimenti di misurazione

Prima di collegare lo strumento per misurare le tensioni continue, dobbiamo verificare parecchie cose: innanzitutto, si deve accendere lo strumento per verificare se è in condizioni di effettuare misurazioni; poi, deve avere le batterie in buono stato – e questo, in alcune apparecchiature, lo possiamo vedere grazie all'indicatore LOWBAT (o batteria bassa), che segnala una tensione insufficiente della batteria.

L'apparecchio ha normalmente un'autocalibrazione: in caso contrario, non avremmo un valore esatto del valore che stiamo misurando.

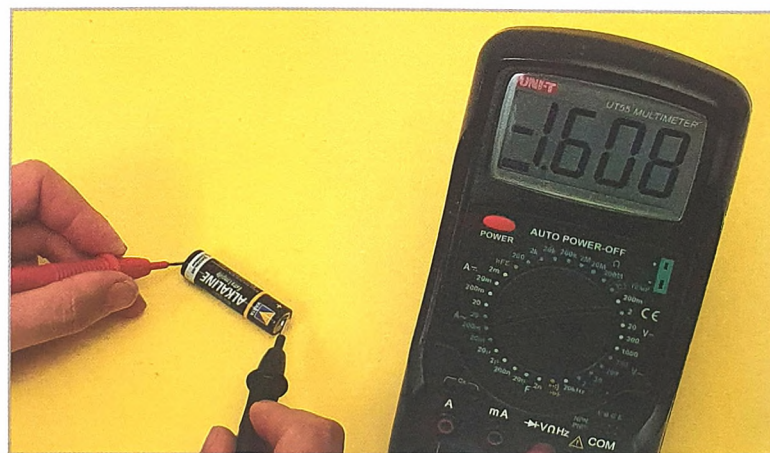
Il commutatore per l'impostazione dei valori di misura deve essere posizionato sulla scala di tensione più alta, a meno che si conosca per approssimazione il livello di tensione da misurare. Deve essere posizionato sulla dicitura V continua, seguita da un trattino – o un segno simile –, o VDC. Alcuni multimetri per la continua e l'alternata utilizzano le medesime scale: hanno un commutatore AC/DC che deve essere posizionato in posizione DC. I puntali di misurazione hanno due connettori: il più corto viene inserito nel multimetro – in questo caso il nero al terminale comune, contraddistinto da COM – e il rosso alla V. Quando si collega al punto da misurare, senza toccare con le dita le parti di contatto dell'apparecchio di misurazione, sul display apparirà una lettura: se l'1 è a sinistra, significa che dobbiamo commutare il nostro multimetro

La connessione tra strumento e puntali di misurazione della tensione, si effettua con puntali di prova se la connessione è momentanea, oppure con delle pinze a coccodrillo se deve essere mantenuta per un periodo di tempo maggiore.

Misurazione delle tensioni continue

I puntali di misurazione devono essere inseriti nelle boccole adeguate: quello nero, comunemente, va collegato al comune e quello rosso al terminale contrassegnato con la V.

Per effettuare delle esercitazioni pratiche, possiamo generare delle piccole tensioni, grazie all'aiuto del potenziometro del laboratorio: in questo caso stiamo utilizzando la scala da 200 mV.

sulla scala più alta e se siamo sulla scala massima, dovremo rinunciare alla misura, perché vuol dire che abbiamo superato il valore massimo del nostro multimetro e quindi abbiamo bisogno di apparecchiature di misurazione speciali per effettuare quella particolare misurazione. Tuttavia, dato che una simile eventualità si presenta raramente, scenderemo di scala per garantire una maggior precisione alla misurazione che staremo effettuando. Per esempio, se la tensione è di 138 mV e siamo regolati su una scala di 2.000 V, sullo schermo apparirà appena la lettura; per una scala di 2 V, apparirà 0,13 V; per una scala di 200 mV – che è la scala più idonea – apparirà 138,0 mV. Si noti che la lettura corretta viene ottenuta solamente con le due scale più piccole. Vediamo un altro esempio. Per misurare 22 V, bisogna arrivare alla scala di 200 V e la lettura sarà 22,0 V. Se scendessimo a una scala di 20 V, la lettura sarebbe 1, il che significa che stiamo oltrepassando la portata della scala.

Calibrazione

Quando si utilizza uno strumento di misurazione, dobbiamo essere sicuri che esso sia calibrato. La calibrazione viene effettuata in laboratori specializzati, i quali rilasciano il corrispondente certificato di calibrazione e a cui ricorrono i professionisti per far calibrare periodicamente tutti i loro apparecchi di misurazione. Quando si acquista uno strumento di misurazione, esso viene calibrato, ma ci si deve assicurare che la calibrazione si mantenga. Per i lavoretti degli appassionati e soprattutto per quei lavori che non richiedono una gran precisione, esistono soluzioni alternative: la più semplice consiste nell'effettuare la stessa misurazione con un altro multimetro e nel verificarne la corrispondenza di risultato; è un buon procedimento, ma solo se l'altro multimetro è calibrato. Se i risultati non fossero uguali, o se la differenza tra di essi è superiore alla precisione indicata sul multimetro, dobbiamo portarlo a far ricalibrare. Se tutti e due i multimetri, o anche un terzo multimetro, danno la medesima misurazione, è molto probabile che sia ben calibrato o, almeno, che le sue misurazioni siano valide per quasi tutte le applicazioni destinate a esperimenti semplici.

Se la tensione applicata al puntale rosso è minore di quella applicata al puntale nero, sul display apparirà automaticamente il segno '–'.

Le tastiere

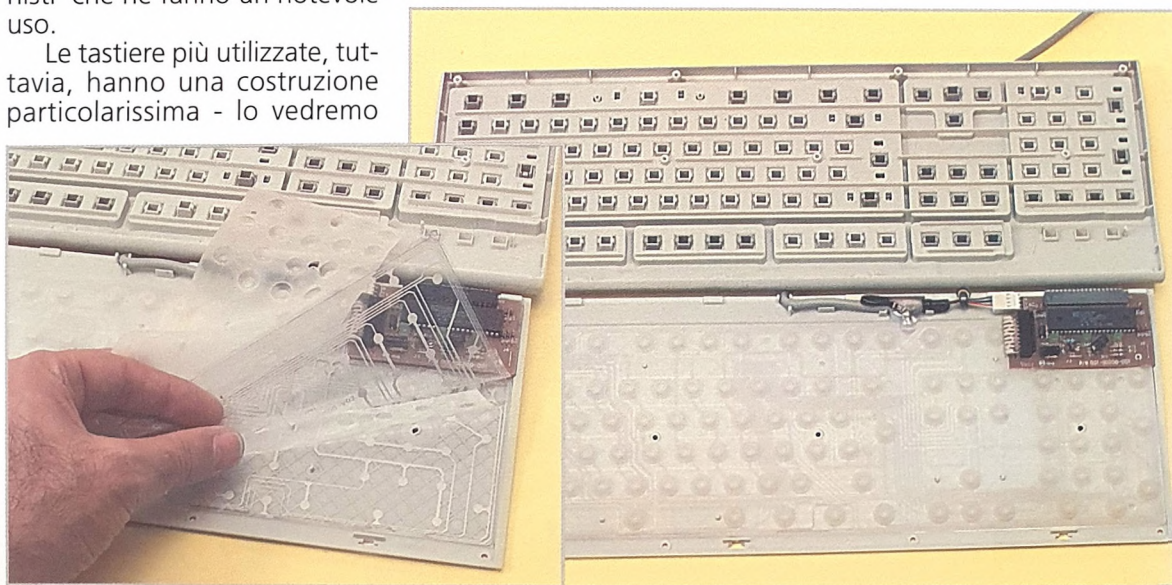
Attualmente vengono utilizzati molti modelli di tastiere, le cui tecnologie di fabbricazione sono in costante evoluzione;

In un appartamento possiamo trovare diverse tastiere; le enumereremo per meglio comprenderne l'importanza. Le tastiere di uso più corrente, e di cui esistono anche molti modelli sono: per il computer, per il telefono di casa, per il telefono cellulare, per i telecomandi di diverse apparecchiature, per gli allarmi, per i calcolatori e per molti altri elettrodomestici che sono sempre più dotati di tastiere per il controllo elettronico, per esempio cucine, forni, apparecchi per l'aria condizionata eccetera.

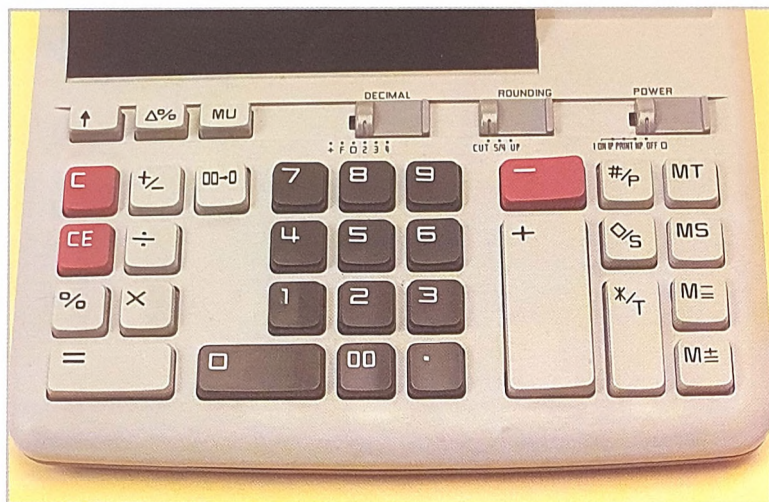
Tastiera di computer: oltre alle zone di contatto dei tasti, è dotata di elementi di elettronica di controllo per l'invio delle informazioni al computer tramite un ridottissimo numero di fili.

Tastiera del computer

Le tastiere del computer, viste dall'esterno, sono molto simili; le differenze maggiori sono tra i computer fissi e i computer portatili. Ci sono computer con tasti indipendenti saldati su di un circuito stampato – tali erano le prime tastiere – ma sono più costosi e il loro utilizzo viene riservato a utenti professionisti che ne fanno un notevole uso.

Le tastiere più utilizzate, tuttavia, hanno una costruzione particolarissima - lo vedremo poi – e a causa del loro basso costo, vengono considerate elementi usa e getta; solitamente, non vengono riparate, soprattutto nel caso in cui a guastarsi sia un tasto. Se apriamo una tastiera di computer, ci troveremo di fronte un circuito elettronico che si incarica delle comunicazioni con il computer. I tasti sono pezzi di plastica allocati in una ben determinata zona del circuito stampato. Ogni tasto fa contatto in maniera tale che la parte premuta si mette in contatto con la parte conduttrice posta al di sotto di esso e che appartiene ad un altro circuito stampato. Tra i due è interposta una lamina isolante perforata i cui fori corrispondono agli attuatori di ogni tasto. Le connessioni vengono effettuate per fila e per colonna; sono i circuiti elettrici a determinare quale tasto sia stato premuto in un determinato momento e che inviano

Dettaglio dei circuiti stampati e della lamina isolante intermedia.

Interno di una tastiera di computer dove possiamo vedere l'attuatore dei tasti e il circuito stampato flessibile superiore.

Le tastiere

Nei calcolatori si utilizzano diversi tipi di tastiera.

l'informazione alla CPU del computer.

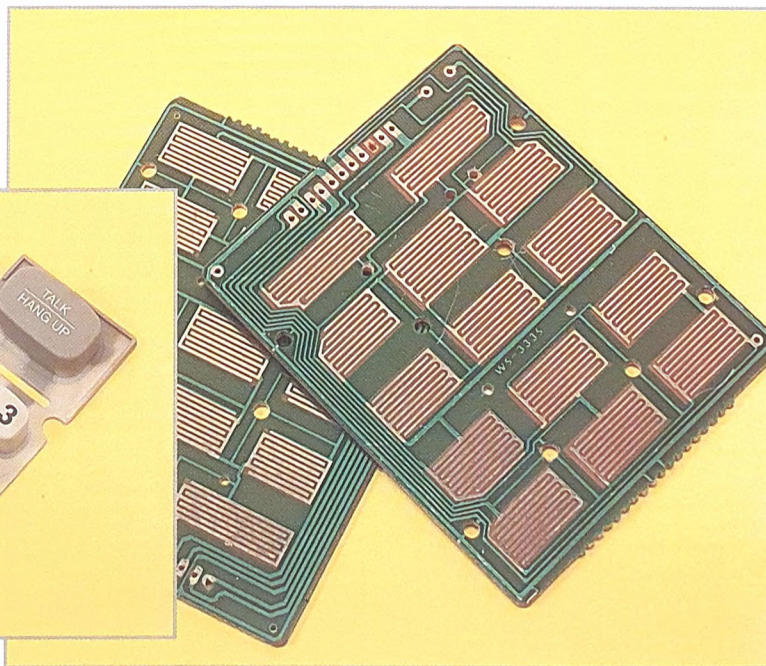
Tastiere di silicone

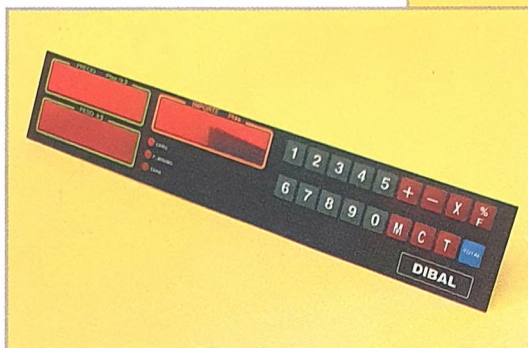
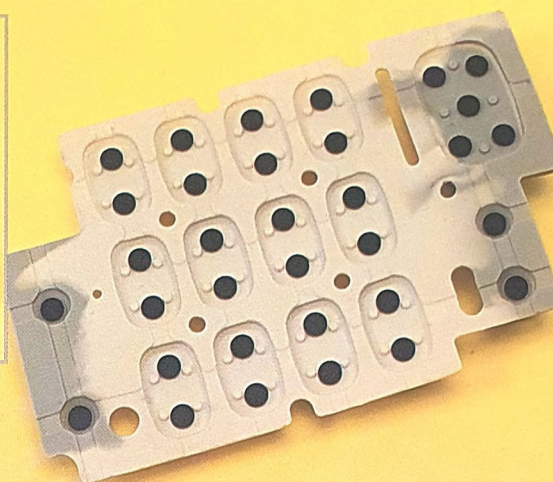
Le tastiere più comuni – calcolatori, telecomandi, telefoni eccetera – sono costituite da un circuito stampato dotato di zone di contatto con piste incrociate e così vicine che si uniscono tra loro quando vi si preme sopra con un elemento conduttore – normalmente è un pezzo di gomma conduttrice, oppure di grafite. Questo elemento conduttore è piegato e ben inserito in una tastiera di silicone che, normalmente, viene modellata su richiesta del costruttore. Queste tastiere di silicone possono essere fabbricate praticamente in qualsiasi forma, dimensione, colore o insieme di colori; sotto ogni tasto c'è un contatto conduttore – attualmente è di gomma conduttrice, mentre prima era di grafite conduttrice e spesso si rompeva.

Il tasto viene progettato in maniera tale che sia il tasto stesso a effettuare il contatto: premendo il tasto, quest'ultimo si deforma e fa contatto; rilasciandolo, torna alla sua posizione originaria.

Condizioni ambientali

Una tastiera per un computer fisso viene utilizzata negli appartamenti o nei luoghi di lavoro; normalmente funzionano con temperature ambientali correnti, sono protette dalla pioggia, non temono molto la polvere e devono sopportare solo qualche piccolo colpetto prima di presentare difetti evidenti.

Tastiera di silicone vista dal lato dal quale viene utilizzata.

Circuito stampato corrispondente a una tastiera.

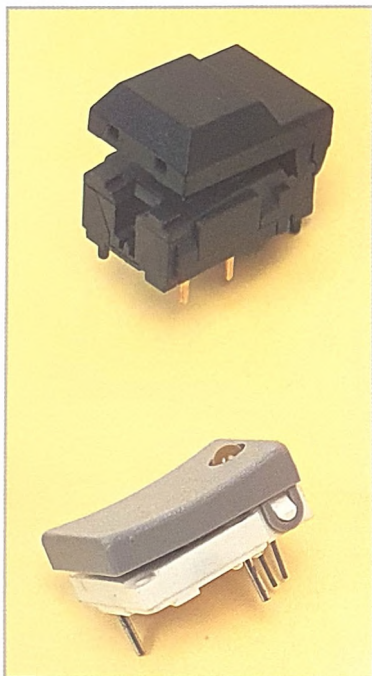
Le tastiere

Tastiera a bolle. Il suo vantaggio consiste nell'avere un'altezza minima: si incolla sul pannello frontale dell'apparecchiatura e fuoriesce di soli 2 mm.

Le tastiere di silicone possiedono delle zone conduttrici che si attivano quando il tasto corrispondente viene premuto e chiudono così i contatti del circuito stampato.

Altre tastiere, però, devono essere maggiormente protette. Quella del telecomando di un televisore, per esempio, sta per molto tempo tra le mani dell'utente e cade frequentemente a terra. Deve avere, quindi, una buonissima chiusura ed essere abbastanza robusta, perché i telespettatori appassionati di zapping sono molti e le tastiere devono sopportare molte operazioni, soprattutto per quanto riguarda volume e cambio dei canali. Un altro fattore "aggressivo" è costituito dal sudore delle mani che, poco a poco, può penetrare all'interno e di cui si deve evitare il contatto; si ottiene questo scopo, utilizzando la tastiera stessa come mezzo di comunicazione isolandola dagli agenti esterni. Un altro problema è dovuto al fatto che se la parte del tasto che fa contatto è molto dura, può tagliare o addirittura rompere il circuito stampato. Si ovvia a tutto ciò in due modi: utilizzando tasti non abrasivi oppure applicando al circuito stampato un trattamento indurente.

Tastiere speciali

Quando le condizioni ambientali sono estreme, si progettano delle tastiere speciali; il progetto non si limita solamente alla tastiera, ma include anche il contenitore. Le tastiere di silicone, o di materiali simili, possono essere utilizzate per realizzare tastiere stagne, resistenti alla pioggia e all'acqua, ma anche il resto dell'apparecchiatura deve essere resistente ai fattori appena menzionati. Riusciamo a rendere una tastiera stagna inserendo la tastiera stessa unita e dotandola di un coperchio superiore il quale evita che la tastiera si deformi. La tastiera deve, inoltre, sopportare una certa pressione, perché se l'apparecchiatura è

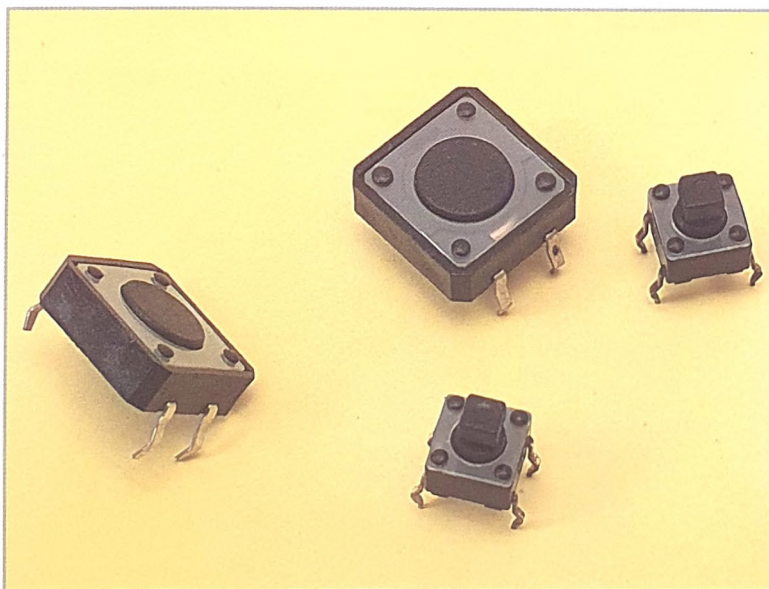
I costruttori offrono tastiere su misura delle necessità di ogni cliente.

Le tastiere

Tastiere indipendenti. Anni fa furono molto utilizzate, ma andavano saldate a un circuito stampato. Oggi quasi non vengono più usate perché esistono soluzioni più economiche.

I pulsanti meccanici vengono usati sempre meno nelle tastiere e il loro utilizzo è ormai ridottissimo; vengono tuttora adoperate nelle apparecchiature che non subiscono un controllo elettronico.

chiusa ermeticamente, l'aria al suo interno può dilatarsi o contrarsi a seconda che la temperatura dell'apparecchiatura salga o scenda. Se si dilata, l'apparecchiatura si può "bombare", mentre se si contrae, può flettersi verso l'interno e qualche tasto può accidentalmente fare contatto. Si deve anche fare sì che il materiale non diventi fragile, o durissimo, alle bassissime temperatura e che non si deformi a temperature molto alte. Pertanto, quando si decide l'uso di una tastiera, si deve sapere dove la si dovrà utilizzare e a quale tipo di aggressioni esterne essa verrà sottoposta.

Resistenza di contatto

Nelle tastiere la resistenza di contatto èabbastanza elevata; questo fattore è tenuto in considerazione e lo si compensa quando si progettano i circuiti a cui la tastiera verrà allacciata. Queste tastiere non vengono, generalmente, utilizzate per avere il controllo diretto dei circuiti che lavorano con tensioni e correnti elevate; di norma, viene interposto un circuito avente il compito di controllare le suddette elevate tensioni e correnti.

Tastiere in miniatura. Vengono utilizzate dietro il pannello frontale nei video domestici e vengono azionate dai tasti disposti sul pannello stesso.

Semplificazione grafica delle funzioni

Il metodo grafico di semplificazione delle funzioni di Karnaugh è il più diffuso e popolare.

La semplificazione delle funzioni per mezzo delle tavole di Karnaugh è nata nel 1959, anno in cui Maurice Karnaugh pubblicò un articolo concernente un metodo grafico per semplificare le funzioni logiche.

La tavola di Karnaugh è una rappresentazione grafica della funzione e la si ottiene a partire dalla tavola della verità – che rappresenta anch'essa la funzione – con il vantaggio grazie al quale consente di dedurre da essa, mediante un procedimento grafico, l'espressione logica già semplificata.

nº	A	B	C	F
0	0	0	0	●
1	0	0	1	●
2	0	1	0	●
3	0	1	1	●
4	1	0	0	●
5	1	0	1	●
6	1	1	0	●
7	1	1	1	●

0	2	6	4
1	3	7	5

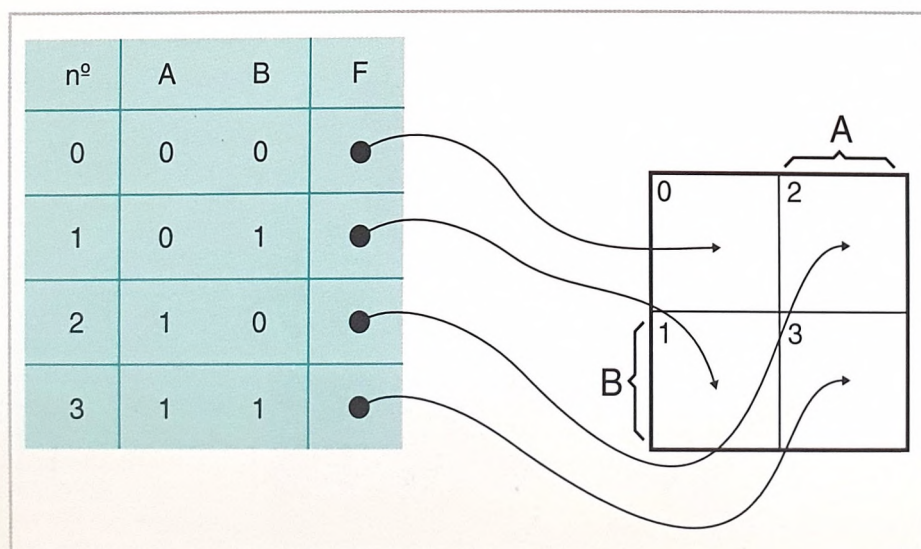
Funzione a tre variabili. Ogni valore della funzione di uscita ha il suo corrispondente stato. Per esempio, lo stato 3 evidenzia la variabile B e C, ma non la variabile A (011 = 3).

Tavole: loro tipologie

Le tavole di Karnaugh più comuni sono quelle a 2, 3 o 4 variabili. Ogni risultato della tavola della verità va scritto in una determinata casella della tavola di Karnaugh. Le due tavole sono equivalenti perché rappresentano la stessa funzione logica. Come si può osservare nelle illustrazioni, a ogni quadro corrisponde una combinazione binaria della tavola della verità e al suo interno si pone lo stadio che la funzione assume per la suddetta combinazione. È IMPORTANTISSIMO RICORDARSI che nelle tavole i dati evidenziati con una chiave per ogni variabile rappresentano l'1 per questa variabile, mentre quelli non evidenziati rappresentano lo 0.

Ogni stato rappresenta, quindi, lo stato della funzione per una determinata combinazione delle variabili, come nella tavola della verità. Per esempio, nel caso della funzione delle tre variabili, alla prima combinazione della tavola della verità (0,0,0), gli corrisponde lo stato della prima fila e della prima colonna della tavola di Karnaugh. All'ultima combinazione della tavola della verità (1,1,1) corrisponde lo stato della seconda fila e la terza colonna.

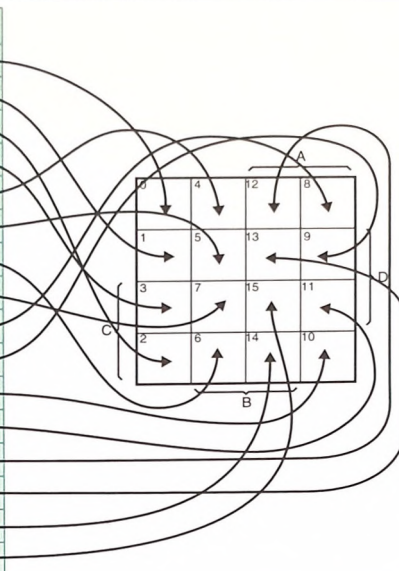
nº	A	B	F
0	0	0	●
1	0	1	●
2	1	0	●
3	1	1	●

0	2
1	3

Ogni uscita della tavola della verità, F, corrisponde ad uno stato della tavola di Karnaugh. In questo caso, dato che le variabili sono due, ci sono quattro stati.

Semplificazione grafica delle funzioni

Funzione a quattro variabili: il quadrato 15, per esempio, è evidenziato dalle chiavi delle 4 variabili.

nº	A B C D	F
0	0 0 0 0	
1	0 0 0 1	
2	0 0 1 0	
3	0 0 1 1	
4	0 1 0 0	
5	0 1 0 1	
6	0 1 1 0	
7	0 1 1 1	
8	1 0 0 0	
9	1 0 0 1	
10	1 0 1 0	
11	1 0 1 1	
12	1 1 0 0	
13	1 1 0 1	
14	1 1 1 0	
15	1 1 1 1	

Nell'esempio, partiamo da una tavola a due variabili, le cui uscite a '1' danno la funzione diretta F. La funzione ottenuta può essere direttamente rappresentata nella tavola di Karnaugh. I quadrati 2 e 3 sono adiacenti, quindi li raggruppiamo ottenendone la variabile A. Il quadrato 3, aggiunto all'1, viene sfruttato per ottenere la variabile B.

Numero degli stati

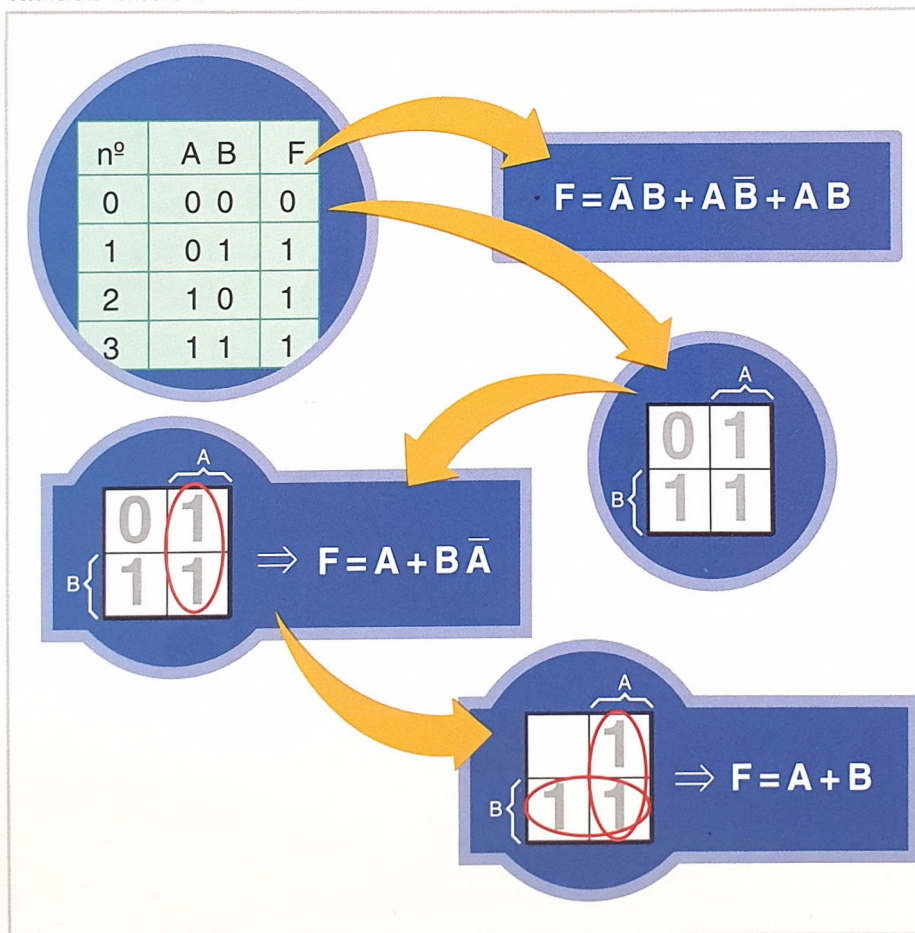
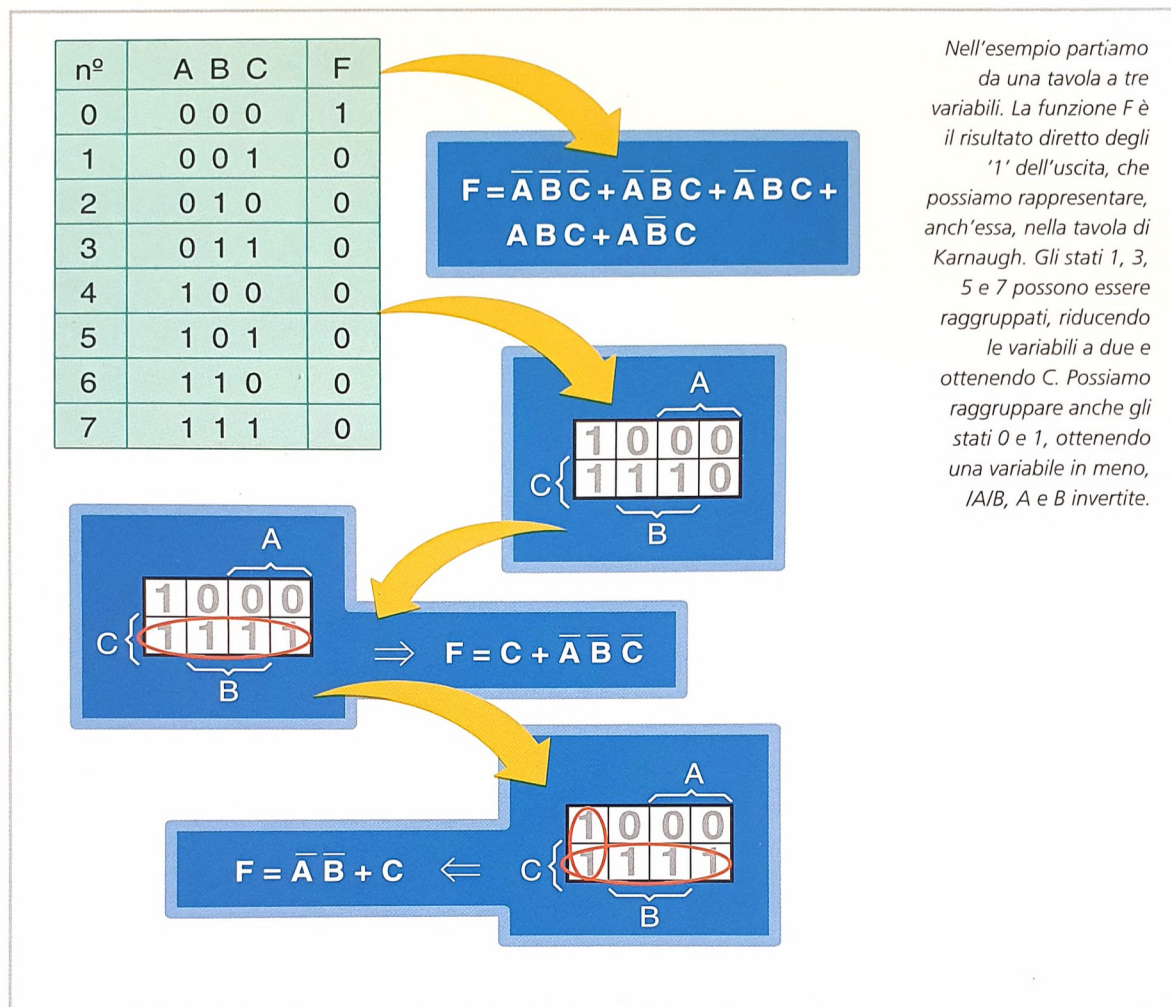
La tavola delle due variabili ha quattro stati, quella a tre variabili ne ha otto e quella a quattro variabili, ne ha sedici. Deduciamo, quindi, che il numero degli stati di una tavola di Karnaugh viene dato da:

N° stati = $2^{\text{n° di variabili}}$

Ogni variabile aggiunta raddoppia il numero degli stati rispetto alla precedente variabile.

Le tavole da 2 a 4 variabili sono le più comuni, ma possono essere realizzate anche tavole a 5 e 6 variabili, anche se la cosa non è frequente, dal momento che diventa complicato lavorare con tavole di queste dimensioni. Bisogna tenere conto che per utilizzare sei variabili, si ha bisogno di una tavola composta da 64 stati. Per funzioni che abbiano molti stati, si utilizzano altri metodi, per cui esistono anche dei programmi di computer. A partire da più di quattro variabili, inizia a perdere interesse il

Semplificazione grafica delle funzioni

nº	A B C	F
0	0 0 0	1
1	0 0 1	0
2	0 1 0	0
3	0 1 1	0
4	1 0 0	0
5	1 0 1	0
6	1 1 0	0
7	1 1 1	0

Nell'esempio partiamo da una tavola a tre variabili. La funzione F è il risultato diretto degli '1' dell'uscita, che possiamo rappresentare, anch'essa, nella tavola di Karnaugh. Gli stati 1, 3, 5 e 7 possono essere raggruppati, riducendo le variabili a due e ottenendo C. Possiamo raggruppare anche gli stati 0 e 1, ottenendo una variabile in meno, /A/B, A e B invertite.

tema della semplificazione delle funzioni grazie a questo metodo, posto che la realizzazione dei circuiti logici tende attualmente a focalizzarsi verso altri dispositivi più complessi (PLD). Rappresentiamo la funzione mettendo 1 negli stati la cui combinazione di variabili corrisponde a F = 1, mentre negli altri stati mettiamo degli 0. In questo modo, dalla tavola di Karnaugh possiamo ottenere delle espressioni canoniche della funzione, perché da ogni stato si deduce un termine canonico. Se ci fermiamo agli stati che contengono un '1', otterremo la somma di prodotti (minitermini), mentre se ci concentriamo sugli stati che contengono uno '0', otterremo i prodotti delle somme (massitermini).

Stati adiacenti

Definiamo stati adiacenti gli stati in cui cambia solamente il valore di una variabile. Così, in una tavola a tre variabili, se numeriamo le caselle da 1 a 8, saranno adiacenti gli stati 1 e 2 e 1 e 5; 2 e 3 e 6 e 7; 3 e 4 e 7 e 8. Sono adiacenti anche l'1 e il 4, il 5 e l'8.

Regole di semplificazione

Il principio è quello di ottenere in maniera grafica veloce il maggior numero di fattori comuni della forma A + /A = 1, B + /B = 1, per semplificare al massimo l'equazione logica:

1ª regola. Due stati adiacenti si uniscono per mezzo di un ciclo di 1° ordine (2 variabili) dando per risultato un solo termine contenente una variabile in meno del numero di variabili del diagramma.

2ª regola. Due cicli adiacenti (di due variabili) possono

Semplificazione grafica delle funzioni

nº	A B C D	F
0	0 0 0 0	1
1	0 0 0 1	0
2	0 0 1 0	0
3	0 0 1 1	0
4	0 1 0 0	0
5	0 1 0 1	0
6	0 1 1 0	0
7	0 1 1 1	0
8	1 0 0 0	0
9	1 0 0 1	0
10	1 0 1 0	1
11	1 0 1 1	1
12	1 1 0 0	1
13	1 1 0 1	1
14	1 1 1 0	1
15	1 1 1 1	1

Nell'esempio si parte da una tavola a quattro variabili. La funzione F è la diretta rappresentazione degli '1' dell'uscita, che possiamo rappresentare anche nella tavola di Karnaugh. I quadrati 12, 13, 14 e 15 si raggruppano dando come risultato AB (raggruppamento di quattro variabili che si riduce a due variabili). Le variabili 14 e 15 si raggruppano anch'esse con il 10 e l'11 dando come risultato AC (raggruppamento di quattro variabili che si riduce a due variabili). Il risultato finale si riduce sensibilmente.

essere uniti a un altro ciclo di ordine superiore (a 4 variabili) dando come risultato un termine contenente due variabili in meno rispetto al numero di variabili del diagramma.

3ª regola. Due cicli possono solamente contenere un numero di variabili il cui valore sia potenza di due. Non potranno, quindi, contenere un 3, un 5 o un 7.

4ª regola. Una stessa variabile può far parte di vari cicli per una maggiore semplificazione.

5ª regola. Per ottenere una maggiore semplificazione si deve prendere il minor numero di cicli che abbia il maggior numero possibile di variabili.

Regole di semplificazione di Karnaugh

Spieghiamo dettagliatamente come avvalerci delle regole di semplificazione.

Finora abbiamo visto come rappresentare graficamente una tavola di Karnaugh a 2, 3 e 4 variabili, quelle più comunemente utilizzate. Abbiamo visto, inoltre, come a ogni combinazione di variabili rappresentata nella tavola della verità sia assegnato un valore che rappresenta la funzione, '0' o '1'. Una volta completata la tavola, e tenendo conto delle variabili adiacenti, passeremo alla semplificazione vera e propria, che potremo portare direttamente a termine applicando alcune regole.

Quadrati adiacenti

I termini adiacenti sono quei termini nei quali cambia il valore di una sola variabile. Quindi, per essere adiacenti, nella tavola della verità non devono necessariamente essere contigui. Così, in una tavola a due variabili, se numeriamo le caselle come 0, 1, 2 e 3, saranno adiacenti i dati 0 e 2, 0 e 1, 1 e 3 e, infine, 2 e 3.

Regole di semplificazione

Applicheremo una per una tutte le regole grazie a degli esempi pratici, per poterle capire e assimilarne più facilmente la teoria.

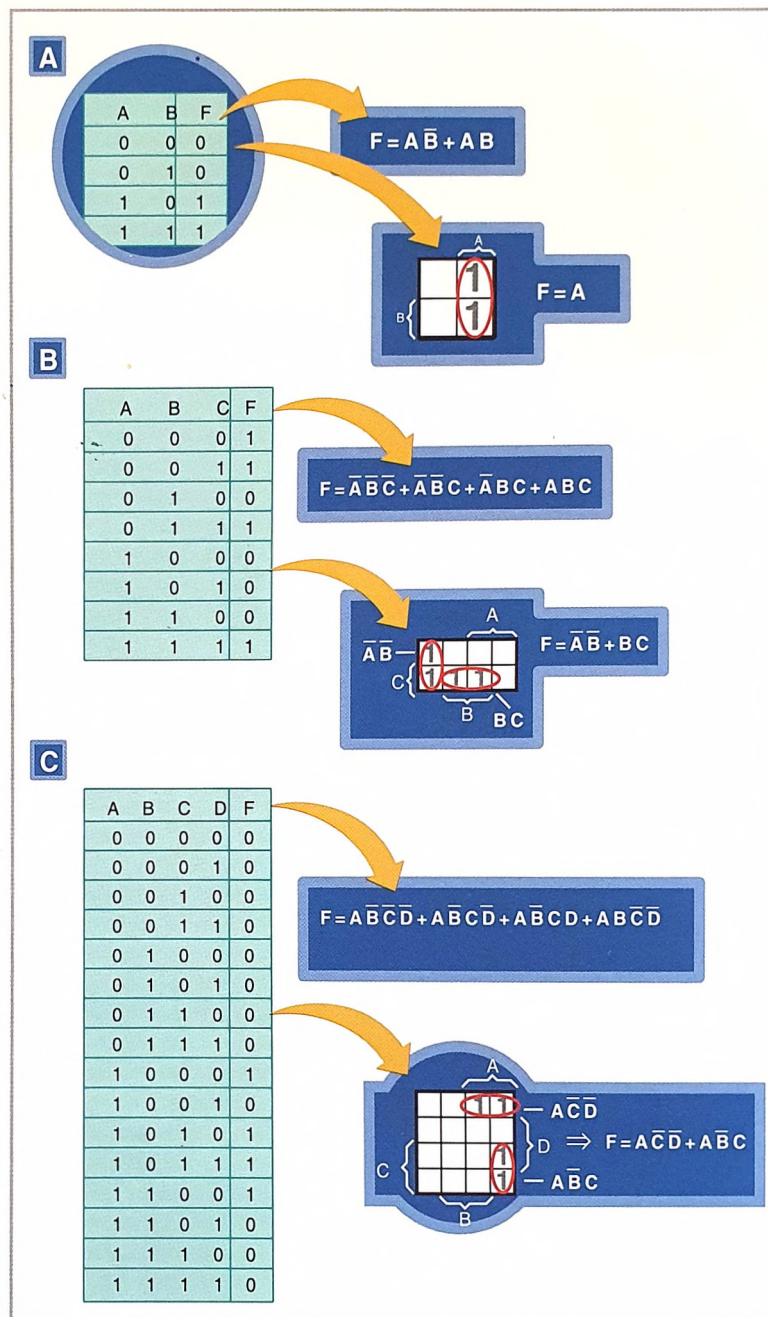
Come ricorderete, il fondamento su cui si basa il diagramma di Karnaugh consiste nell'ottenere graficamente il maggior numero di fattori comuni sotto la forma di A + /A = 1, B + /B = 1, così da semplificare al massimo l'equazione logica. Ripasseremo, in questo modo, tutte le regole una per una.

Prima regola

Due termini adiacenti possono essere uniti per mezzo di un loop a due variabili, dando come risultato un solo termine che contiene una variabile in meno rispetto al numero delle variabili del diagramma.

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

A	B	C	D	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Prima regola di semplificazione applicata a tavole di due, tre e quattro variabili.

Nell'esempio (A) dell'illustrazione, abbiamo una tavola della verità a due variabili di una funzione F le cui equazione e tavola di Karnaugh possiamo vedere sempre nell'illustrazione. I termini 2 = 10 e 3 = 11 sono adia-

Regole di semplificazione di Karnaugh

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

A	B	C	D	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

Seconda regola di semplificazione applicata a tavole di tre e quattro variabili.

Regole di semplificazione di Karnaugh

centi e, quindi, possono essere uniti mediante un loop. Ora dobbiamo guardare all'insieme di due variabili come se si trattasse di una sola variabile: la chiave della variabile B non lo prende per intero, perché questa variabile prenderebbe solamente il loop di variabili all'interno dei quadrati 2 e 3. Adesso, quindi, rimane il loop solamente nella variabile, e si è eliminata una variabile, soddisfacendo la regola enunciata. Possiamo verificare il risultato semplificando l'equazione e applicando i teoremi visti.

Nell'esempio (B) dell'illustrazione della pagina precedente abbiamo una funzione a tre variabili rappresentata in una tavola di Karnaugh. I termini 0 e 1 costituiscono un loop e li considereremo come un tutto unico. Vediamo che non è A => /A (A invertita), né B => /B (B invertita) e che la variabile C non la acquisisce, per cui lo perde.

I quadrati 3 e 7 formano un altro loop che sta all'interno della chiave di B e C, ma A non lo acquisisce e, quindi, lo perde. In questo modo, come possiamo vedere, risulta semplificato.

Nell'esempio (C) abbiamo una rappresentazione a quattro variabili: in questo caso ci sono due loop. I quadrati 12 e 8 ne formano uno a due variabili che sta all'interno di A, che non sta all'interno di C => /C (C invertita), né all'interno di D => /D (D invertita); la variabile B non acquisisce per intero il loop, per cui perde questa variabile. Per quanto riguarda il loop dei quadrati 10 e 11, esso sta all'interno della variabile A e della variabile C, non sta all'interno della variabile B => /B (B invertita) e la D non acquisisce per intero il loop, per cui lo perde. L'equazione risulta semplificata come indicato.

Seconda regola

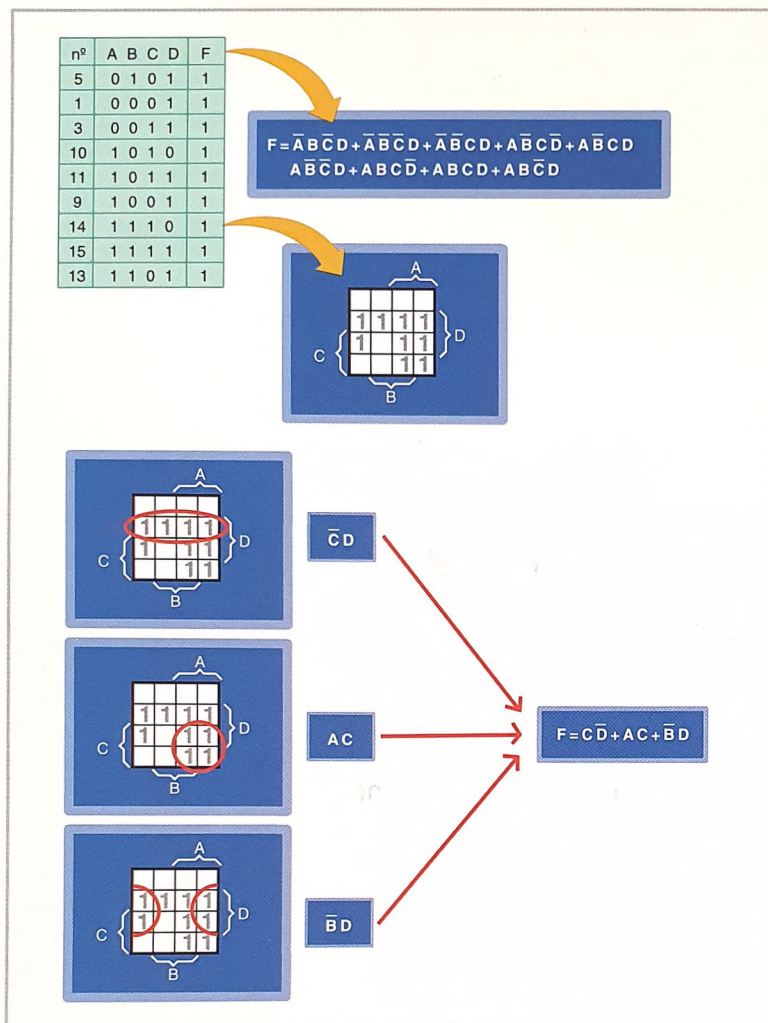
Due loop (a due variabili) adiacenti possono essere uniti con un altro loop a quattro variabili, dando come risultato un termine che contiene due variabili in meno rispetto al numero di variabili del diagramma. Nell'esempio (A) dell'illustrazione a pagina 63, possiamo vedere una rappresentazione a tre variabili in cui i termini 2 e 6 sono adiacenti, come i termini 3 e 7. Abbiamo, pertanto, due loop adiacenti che possiamo unire formando un altro loop a quattro variabili. Considerando questo loop come un tutt'unico, avremo solo la variabile B perché la A e la C non circondano completamente il loop. In questo modo, delle tre variabili originarie ne abbiamo adesso una sola, soddisfacendo la regola. Potevamo considerare anche i loop tra i quadrati 2 e 3 da un lato e 6 e 7 dall'altro, perché anch'essi sono adiacenti: il risultato finale sarebbe, comunque, il medesimo.

Nell'esempio (B), possiamo vedere la stessa cosa con i termini 12 e 8 da una parte e 13 e 9 dall'altra. Essi possono venire uniti formando un loop a quattro variabili che sarebbe A, non sarebbe C => /C (C invertita) e perderebbe le variabili B e D. I loop dei termini 10 e 11 e 2 e 3 sono adiacenti e possono essere uniti formando un loop a quattro variabili che avrebbe la variabile C e la /B (B invertita), perdendo la A e la D perché non le acquisisce per intero.

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Terza regola di semplificazione applicata a tavole di tre e quattro variabili.

Regole di semplificazione di Karnaugh

nº	A B C D	F
5	0 1 0 1	1
1	0 0 0 1	1
3	0 0 1 1	1
10	1 0 1 0	1
11	1 0 1 1	1
9	1 0 0 1	1
14	1 1 1 0	1
15	1 1 1 1	1
13	1 1 0 1	1

Applicazione della quarta regola di semplificazione mediante l'esperimento digitale 61.

L'equazione risultante – possiamo vederlo benissimo – risulta molto semplificata.

Terza regola

Due cicli possono contenere solamente un numero di termini il cui valore sia una potenza di 2. Non potranno contenere, quindi, tre, cinque o sette termini.

Nell'illustrazione alla pagina precedente, possiamo vedere che, indipendentemente dal numero di variabili che la tavola di Karnaugh ha, non possiamo mai fare un ciclo con un numero di termini dispari. Possiamo aggirare tutto ciò utilizzando due cicli da due variabili l'uno.

Quarta regola

Per ottenere una maggior semplificazione, un medesimo termine può essere ruotato in diversi cicli.

L'illustrazione in questa pagina non è altro che la soluzione ad un problema che avevamo incontrato nel precedente fascicolo: possiamo vedere qui l'applicazione di questa regola. I termini 1, 5, 13 e 9 formano un ciclo di 4 combinazioni /CD; i termini 14, 15 , 10 e 11 costituiscono un altro ciclo da 4 combinazioni, AC, e rimane libero solamente il termine 3. Possiamo prendere il termine 1, il 9 e l'11 e formare, insieme al 3, un ciclo a 4 combinazioni. Riusciamo, così, a ottenere una maggior semplificazione.

Applicazione della quinta regola con una tavola a quattro variabili.

Quinta regola

Per avere una maggior semplificazione, dobbiamo prendere il minor numero possibile di cicli con il maggior numero possibile di variabili. L'ultima illustrazione mostra (A) come possiamo raggruppare nei cicli tutti i termini. Già così andrebbe bene, ma possiamo ottimizzare il ciclo da due termini realizzando un ciclo da quattro termini.

Misura del valore delle resistenze

Utilizzo del multimetro per la misurazione delle resistenze.

Il multimetro permette una misurazione veloce e abbastanza precisa delle resistenze. Per effettuare correttamente le misurazioni, però, dobbiamo tenere conto di alcune considerazioni.

Il multimetro è uno strumento utilissimo per la misurazione delle resistenze.

Multimetri: tipologia

Ci sono due tipi di multimetro: quelli analogici e quelli digitali. Per quanto riguarda il primo tipo, solamente i modelli di un certo costo garantiscono una buona precisione; i multimetri digitali, invece, offrono degli ottimi risultati e grazie al loro basso costo si stanno imponendo giorno dopo giorno.

Multimetro analogico

Spieghiamo velocemente il procedimento di misurazione. Quasi tutto quello che diremo in seguito è applicabile anche ai multimetri digitali tranne che per due differenze fondamentali. La prima è ovvia: dobbiamo leggere i valori su una scala grafica invece che su un display. La seconda è più evidente e comprensibile.

Descriviamo passo passo il procedimento di misurazione. Disponiamo di una resistenza di cui non conosciamo il valore.

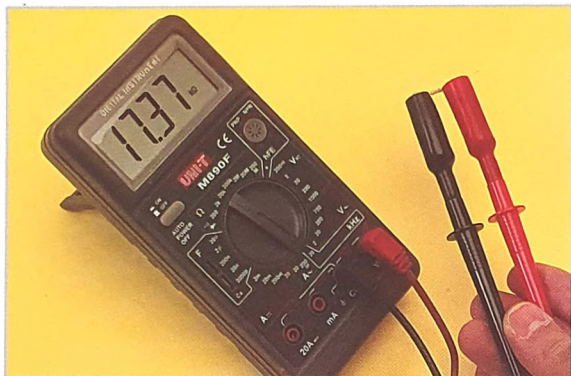
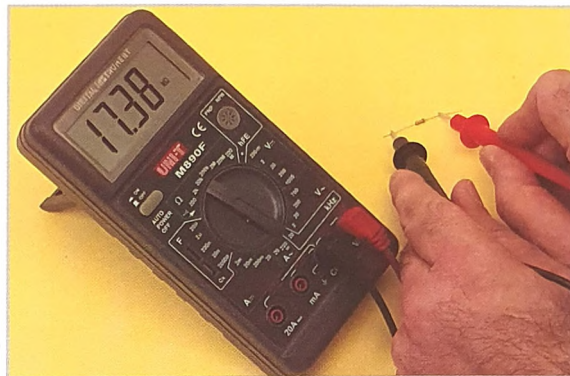
Dobbiamo scegliere una resistenza senza guardarla e coprire la banda dei colori con un pezzetto di carta arrotolato. La collegheremo poi, in modo adeguato, al tipo di multimetro, dopodiché si regola il potenziometro fino ad ottenere che l'indice di misura arrivi al fondo scala, e a questo punto si connettono i puntali alla resistenza. Se effettuando la misura riscontriamo che l'indice è troppo vicino all'inizio della scala, dovremo scendere alla scala precedente – più bassa –, ma dobbiamo ricordarci che la regolazione va sempre effettuata unendo i puntali prima della misurazione. In questo tipo di multimetro il valore della resistenza si ottiene moltiplicando il valore letto nella scala per la scala che abbiamo scelto per impostare la misura.

Multimetro digitale

Consente di portare a termine tutte le misurazioni con maggio-

Selettore di misurazione di un multimetro: segnala le scale disponibili per la misurazione delle resistenze.

È importantissimo collegare i puntali di misurazione ai connettori COM e Ω, con quelli della misura della tensione.

Misura del valore delle resistenze

Per garantire un buon contatto dobbiamo avvalerci delle pinzette per assicurarci che il contatto elettrico sia valido.

La misura di una resistenza va fatta appoggiando i puntali sui suoi terminali.

ri comodità e rapidità; tuttavia, se il metodo di misurazione è sbagliato, lo sarà anche il risultato della misurazione e il valore indicato dal display non sarà quello effettivo della resistenza. Non ci stanchiamo di ripetere che misurare avventatamente e senza prendere determinate precauzioni significa solamente perdere tempo, perché alla fine non avremo modo di sapere se il valore ottenuto sia quello corretto oppure no. Per utilizzare un multimetro digitale non è necessario compiere una regolazione preliminare: basta collocare il selettore su una delle scale delle resistenze, collegare i puntali di misurazione ai connettori adeguati e leggere il risultato sul display. Prima di provare a fare tutto questo, proseguite nella lettura di tutto il capitolo.

Scale

I multimetri digitali possiedono diverse scale di misurazione delle resistenze a seconda del modello; i più semplici hanno un display a tre cifre e mezzo (quindi il massimo valore rappresentabile è 1999. Il punto decimale potrà trovarsi tra due qualsiasi di queste cifre.) Ciò fa sì che tutti i fondo scala dovrebbero essere, per esempio, 20, 200, 2000 eccetera, ma in realtà avremo una visualizzazzione che sarà 19,99; 199,9; 1999 eccetera. Non è importante perché non si devono mai usare valori che sono in fondo scala: dobbiamo utilizzare scale che permettano di leggere al loro centro. Nei multimetri digitali non è un problema, ma in quelli analogici, se leggessimo alle estremità di una scala, potremmo commettere facilmente dei grossi errori.

Perché il resto del circuito non influisca sulla misurazione, bisogna dissaldare almeno uno dei terminali della resistenza.

Fondo della scala

Sul selettore della scala dei multimetri digitali vengono indicati i fondo scala disponibili in maniera tale che viene anche indicata la posizione del punto decimale. Dire, per esempio, 2.000 Ω è lo stesso che dire 2K; tuttavia, se per misurare una resistenza da 1K2 utilizziamo prima una scala del multimetro e poi un'altra, nel primo caso la lettura sarebbe 1200, mentre nel secondo il display mostrerebbe 1.200. La differenza è costituita dal punto decimale.

Le comuni scale disponibili

Misura del valore delle resistenze

Durante la misurazione, non si devono toccare le estremità delle resistenze: causerebbe un errore. In questo caso la resistenza è da 4M7.

Misurazione della resistenza della pelle. Il valore della resistenza verrebbe posto in parallelo con quello della pelle se ne stringessimo tra le dita i terminali.

sono da 200 Ω, 2K, 20K, 200K e 2M anche se è non è insolito trovare la scala da 20M; i modelli più completi hanno anche quella da 200M. La dicitura può essere anche la seguente: 200 W, 2000 W, 20K, 200K, 2000K (invece che 2M). In realtà, la differenza è pochissima: quasi tutti i multimetri si assomigliano e la misurazione non deve presentare problemi, anche se utilizziamo un modello di multimetri a più cifre.

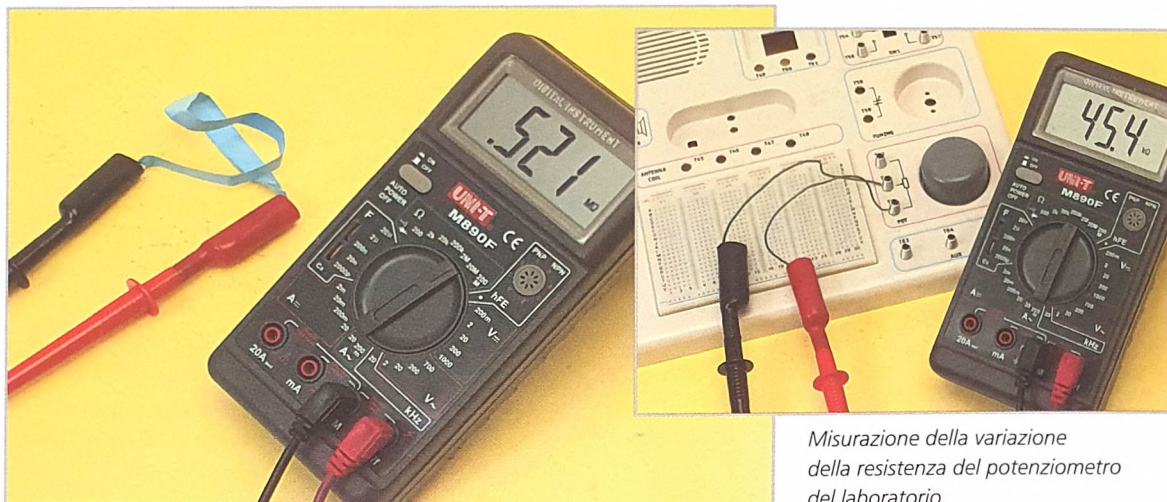
Come effettuare la misurazione

Per misurare una resistenza, in maniera tale che la corrente della misurazione passi solo attraverso di essa, è necessario che sia separata dal circuito. Un'altra precauzione da adottare: non si deve mai toccare con le dita nessun elemento conduttore, e questo per vari motivi. Innanzitutto, perché alcuni elementi possono accidentalmente collegare l'apparecchiatura alla rete (oppure noi stessi potremmo esserci scordati di scollegarla); perciò dovremo allontanare la spina in un punto difficilmente accessibile e, se possibile, lontano da una presa. Il sudore delle mani, poi, anche se infinitesimale, ha un potere altamente corrosivo e, a lungo termine, può provocare problemi di conduzione. Infine, trattandosi di pezzi piccoli, sono molto più comodamente maneggiabili con delle pinze con il manico isolante. Anche se dobbiamo fare attenzione agli attrezzi metallici perché possono provocare dei cortocircuiti, è sicuramente meglio un cortocircuito di una scarica elettrica! Nel nostro laboratorio – e con un po' di prudenza – siamo in questo caso al sicuro da questi pericoli, però è meglio utilizzare delle pile. Male che vada, se stringiamo le due estremità di una resistenza tra le dita, stiamo misurando la resistenza della pelle in parallelo con la resistenza che vogliamo misurare!

L'utilizzo delle pinze consente una corretta misurazione. Infatti, in questo modo, non colleghiamo in parallelo la resistenza della pelle.

Pinze a coccodrillo

Le pinze a coccodrillo si adattano alle punte di misurazione e facilitano e assicurano le con-

Misura del valore delle resistenze

Possiamo misurare la resistenza di moltissimi oggetti, anche quella di un pezzo di carta bagnato.

Misurazione della variazione della resistenza del potenziometro del laboratorio.

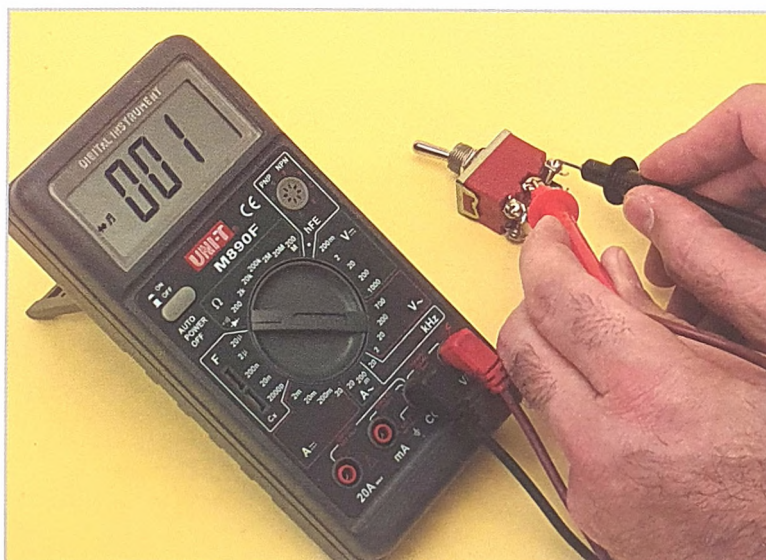
nessioni; per stringere a sufficienza e offrire una buona connessione, devono essere in buono stato. La resistenza della pelle ha un valore abbastanza elevato, e può accadere che alcune superfici abbiano una conduttività elevata che può falsare la misurazione. Sarebbe come se misurassimo la resistenza che vogliamo effettivamente misurare collegata in parallelo con un pezzo di tavolo (anch'esso possiede una certa resistenza). Succedeva molto frequentemente con i tavoli di legno dei laboratori: inumidendoli per pulirli, se ne aumentava la conduttività.

Misurazione

Per effettuare la misurazione dovremo utilizzare la scala più ìcentrataì; normalmente è la più bassa possibile. Sarebbe ridicolo, per fare un esempio, misurare una resistenza da 470 Ω con una scala da 20M; va misurata con una scala da 2K perché, usando quella da 200 Ω, avremmo un eccesso di scala (viene indicato dall'apparizione del numero 1 a destra).

Per verificare se il multimetro è ben calibrato, quando se ne collegano i terminali, deve misurare '0'; a volte, con le scale più basse ciò non si verifica. Di norma il costruttore indica il valore della resistenza minima che quel particolare modello di multimetro è in grado di misurare.

Allarme sonoro

Alcuni multimetri possiedono un indicatore sonoro che si attiva quando tra le sue punte di misurazione c'è continuità elettrica. È utilissimo perché consente di non togliere lo sguardo dal punto di connessione per osservare il display del multimetro.

In alcuni multimetri, quando la resistenza è bassissima, il commutatore ha una posizione che consente di misurare la continuità. Per segnalarla emette un suono acuto.

L'oscilloscopio

Questo strumento permette di visualizzare sotto forma di onda i segnali elettronici.

L'oscilloscopio è uno tra gli strumenti di misura più utilizzati nei laboratori di elettronica: ha il vantaggio, rispetto ad altre apparecchiature di misura, di visualizzare i segnali in ingresso sotto forma di un diagramma spazio/tempo. Alcuni dei nostri lettori avranno già avuto modo di utilizzarlo; il suo utilizzo di base è semplice e veloce da apprendere, tuttavia i moderni oscilloscopi offrono una notevole varietà di misurazioni la cui realizzazione risulta estremamente complessa. È necessario, quindi, leggere molto attentamente i manuali d'istruzioni allegati alle apparecchiature.

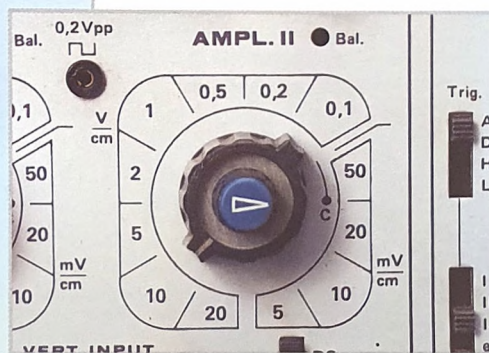
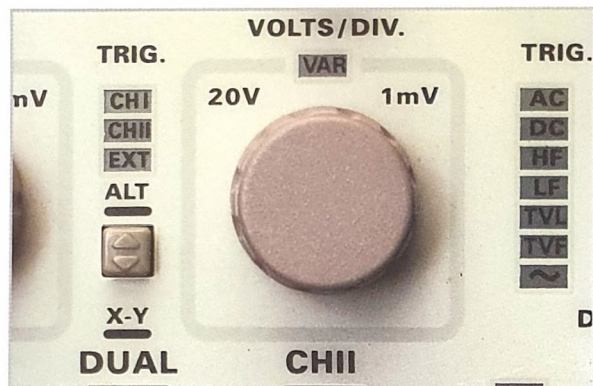
Oscilloscopio moderno: lo schermo è un monitor.

Schermo

Sullo schermo dell'oscilloscopio appare una rappresentazione del segnale applicato a una o a più entrate; sull'asse verticale viene rappresentata l'ampiezza del segnale, mentre sull'asse orizzontale viene rappresentato il tempo. Lo schermo dell'oscilloscopio è diviso da linee orizzontali e verticali, chiamate "divisioni", usate per misurare sia le ampiezze di tensione che le frequenze. La misurazione in verticale viene realizzata contando il numero di divisioni che il segnale copre e moltiplicandole per la cifra che indica la posizione del comando della sensibilità di entrata. Il numero delle divisioni orizzontali è utilizzato, invece, per misurare il tempo. Negli oscilloscopi classici le divisioni sono disegnate sul vetro dello schermo, mentre negli oscilloscopi moderni, dotati di monitor, sono generate internamente e non le si può vedere se non si accende l'apparecchiatura che poi visualizzerà il valore relativo.

Sensibilità d'entrata

All'entrata dell'oscilloscopio si applicano segnali di diverso li-

Oscilloscopio classico: è dotato di un tubo catodico di deflessione elettrostatica.

Selettore della sensibilità di un oscilloscopio classico.

Selettore della sensibilità di un moderno oscilloscopio.

Oscilloscopio classico: comando della base dei tempi.

vello; per adattare i circuiti al livello del segnale disponiamo di diversi livelli di sensibilità espressi in Volt/divisione; normalmente l'oscilloscopio è dotato di otto divisioni verticali. Se, per esempio, il comando della sensibilità è posizionato sui 20mV/DIV, il massimo segnale applicato all'entrata sarà di 160mV, mentre se fosse posizionato sui 5V/DIV, sarebbe di 40V. Questo livello di tensione massimo si riferisce ai picchi del segnale.

Le sonde

L'entrata dei segnali negli oscilloscopi viene realizzata mediante dei connettori BNC. Si può utilizzare un cavo schermato con due pinze di misurazione a ogni punta, ma normalmente la maggior parte utilizza una sonda. Le sonde di uso più corrente sono la 1X e la 10X, sono, cioè, delle sonde con un commutatore che nella posizione 10X divide il segnale per 10, mentre nella posizione 1X non lo divide. Esistono anche delle sonde fisse da 10X e anche da 100X. Quando si utilizza una sonda, se è, per esempio, da 10X, si deve moltiplicare per dieci la lettura del livello dello schermo. Di norma ogni divisione dello schermo è suddivisa in cinque parti che vengono segnate negli assi centrali.

Oscilloscopio moderno: comando della base dei tempi.

Base dei tempi

La base dei tempi consente di "aprire o chiudere" lo schermo in senso orizzontale; ha un comando esterno le cui posizioni sono segnate sotto forma di tempo/divisione. È normale, ad esempio, che una delle posizioni sia 5 ms/DIV e l'altra 10 ms/DIV. Quando osserviamo un segnale periodico, prendiamo un punto del segnale, lo seguiamo per tutto il tempo fino al punto in cui si ripete: se contiamo le divisioni tra questi due punti possiamo misurare il periodo del segnale. Se abbiamo impostato, per esempio, in una scala di 10 ms/DIV e contiamo 4,4 DIV, il periodo sarà di 44 ms e, dato che la frequenza è inversa rispetto al periodo, risulta che il segnale che stiamo osservando sullo schermo è di 22.727 Hz.

Alcuni oscilloscopi generano sul display direttamente il valore delle frequenze.

Selettore d'entrata per DC, AC e GND.

Selettore d'entrata per DC, AC e GND.

Il fascio

L'immagine appare sullo schermo dell'oscilloscopio quando uno stretto fascio di elettroni colpisce lo schermo che è rivestito, al suo interno, da un composto fosforescente e che ha una determinata persistenza dopo la scomparsa del fascio.

Negli oscilloscopi classici il movimento del fascio – la deflessione – è il risultato di due gioghi di placche di deflessione poste ai lati del collo del tubo, un giogo di placche verticali – placche dell'asse y – per lo spostamento del fascio in senso orizzontale e un altro orizzontale per lo spostamento verticale.

La base dei tempi è controllata nella scansione orizzontale e verticale da un doppio amplificatore. Gli oscilloscopi moderni, però, non sono dotati del tubo "tipo oscilloscopio", ma di monitor con un funzionamento analogo a quello dei computer o dei televisori. Hanno una deflessione elettromagnetica, con delle bobine al posto dei tubi catodici TRC, ma esistono già dei modelli con lo schermo a cristalli liquidi.

In tutti, comunque, il principio di funzionamento dell'oscilloscopio e dei suoi comandi, è il medesimo, ad eccezione del funzionamento interno – si verifica una conversione del segnale video per visualizzarlo sul monitor –, ma tutto questo non ha una grande importanza per l'utente. Questo tipo di oscilloscopio offre la possibilità di effettuare una notevole quantità di misurazioni e, in molti casi, di memorizzarle, di rappresentare le informazioni sul video eccetera.

Sonda d'entrata di un oscilloscopio: solitamente gli oscilloscopi hanno un attenuatore X10.

Posizione

Gli oscilloscopi hanno un comando contrassegnato, di norma, come POSIZIONE, avente due frecce opposte, che si utilizza per lo spostamento orizzontale del segnale rappresentato sullo schermo. Hanno altri due comandi uguali al precedente, ma con le frecce disegnate in verticale: si usano per spostare verticalmente il segnale. Sono due perché generalmente gli oscilloscopi hanno due canali, hanno, cioè, due entrate indipendenti del segnale; la base dei tempi si adatta a uno dei due canali. Questi controlli sono molto utili per iniettare nel modo migliore il segnale e poter contare le divisioni.

L'oscilloscopio

Onda sinusoidale che visualizza il segnale applicato all'entrata.

Forma di un'onda quadra.

AC o DC

All'entrata del segnale di un oscilloscopio c'è sempre un controllo con le indicazioni AC, DC e GND, che corrispondono alle tre posizioni di un commutatore. Nella posizione DC, il segnale alternato più quello continuo viene applicato all'entrata dell'oscilloscopio. Nella posizione AC, la componente continua viene disaccoppiata mediante un condensatore, mentre nella posizione GND l'entrata viene collegata alla massa.

Vediamo un esempio che ci aiuti a comprendere meglio l'utilità. Vogliamo vedere l'ondulazione della tensione generata da una fonte di alimentazione da 35 V DC. Se applichiamo una sonda X1, il comando della sensibilità in 5V/DIV e posizioniamo il selettore del tipo di entrata su GND e abbassiamo il comando della posizione fino all'ultima linea dello schermo, passando da DC, la linea retta avrà sette divisioni segnando 35 V. È corretto come procedimento, ma non riusciamo a distinguere l'ondulazione. Posizioniamo nuovamente il comando su GND e situiamo la linea a metà dello schermo, passando, in questo caso, a AC; se eliminiamo i 35 Volt della componente continua e aumentiamo la sensibilità, apparirà, di norma, un'ondulazione di 100 Hz, il cui livello dipende in grandissima misura dal tipo di filtro e dal regolatore utilizzati. Potrebbe essere, però, di 100 mVpp, un segnale periodico di 100 Hz sottoposto alla componente continua e con un basso valore, accettabile per quasi tutti i tipi di apparecchi.

Comandi per la regolazione del fuoco e dell'intensità.

Intensità e fuoco del fascio

Questi comandi erano importantissimi negli oscilloscopi classici, dato che un eccesso di intensità del fascio danneggia lo schermo, mentre un difetto del fuoco ne rende difficile la lettura e affatica la vista. Con questi apparecchi, inoltre, si deve anche vigilare attentamente affinché la scansione non si fermi, perché potrebbe "bruciare" una zona dello schermo.

Conversione DC/AC

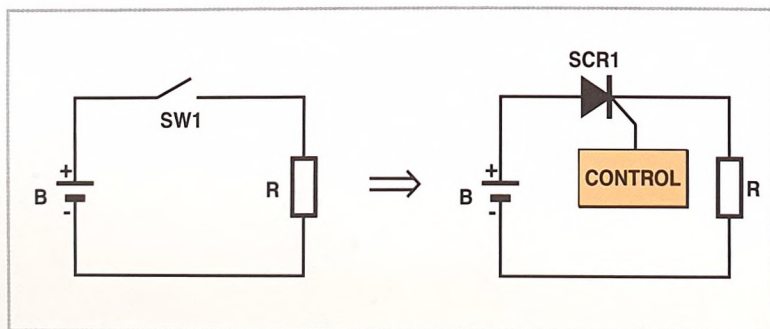
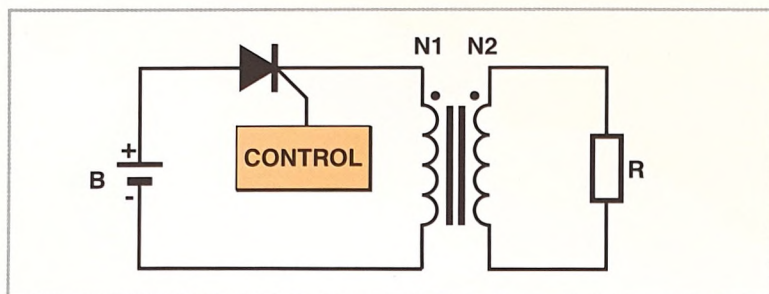
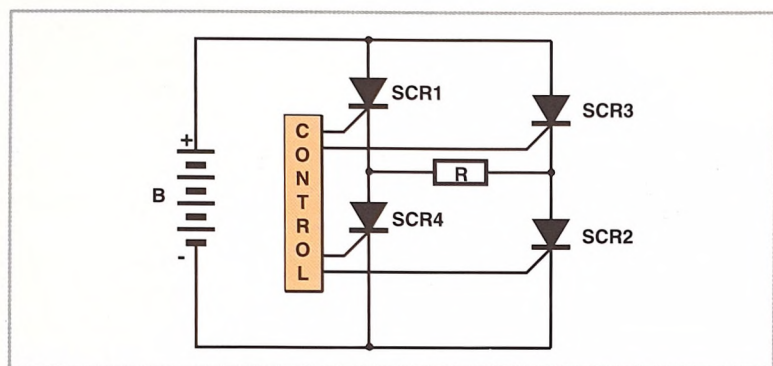
Come ottenere energia elettrica alternata da batterie in grado di erogare solo corrente continua.

La maniera più comune di immagazzinare energia elettrica per utilizzi immediati sono le batterie; molte apparecchiature, però, sono state progettate per essere alimentate dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica. In quasi tutti i paesi europei le reti nazionali sono da 220 V e 50 Hz, negli Stati Uniti di 60 Hz e sugli aeroplani di 400 Hz.

I convertitori si utilizzano per alimentare apparecchiature progettate per alimentarsi dalla rete di distribuzione di tensione alternata, quando si ha solamente una fonte di corrente continua.

Molte di queste apparecchiature devono essere alimentate in maniera ininterrotta, malgrado le eventuali cadute di tensione della rete. In un'operazione chirurgica, la vita del malato non può dipendere da un'avaria della rete distributiva, i computer che regolano il traffico di una città devono poter continuare a funzionare. Un semplice personal computer può perdere dei dati o, a causa di uno spegnimento errato, provocare delle perdite che possono provocare dei danni notevoli. Conosciamo tutti i grandi gruppi elettrogeni d'emergenza alimentati da potenti motori diesel, ma per quanto velocemente girino, possono ritardare di uno o due minuti nel raggiungere la loro velocità di regime; questo lasso di tempo è grandissimo per un computer o per una persona sotto i ferri. Si devono utilizzare questi gruppi, ma se falliscono altri sistemi d'alimentazione che garantiscano l'alimentazione ininterrottamente, devono essere elettronici e alimentati a batteria e devono entrare in funzione automaticamente impiegando poche frazioni di secondo.

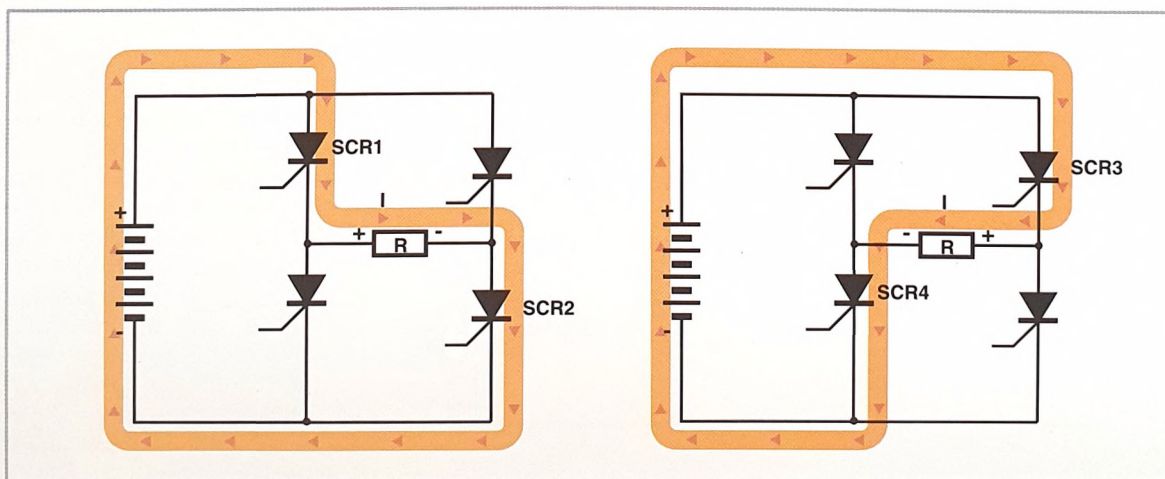
UPS

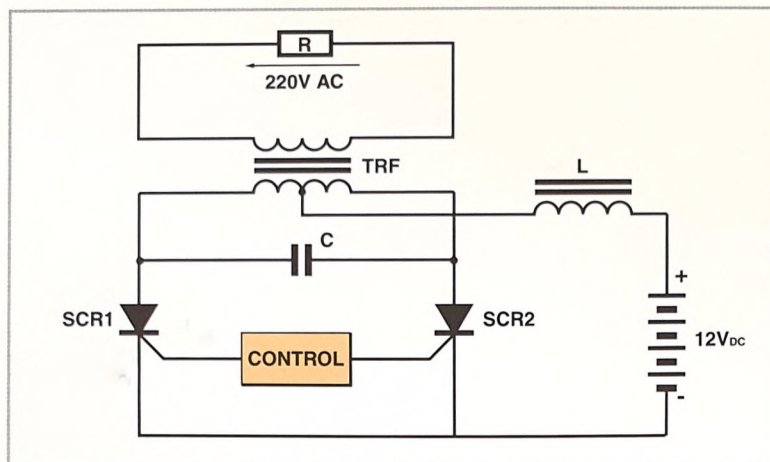
I gruppi di continuità (in inglese UPS), vengono utilizzati per erogare una tensione stabile per fornire l'alimentazione degli apparati per un determinato periodo di tempo. Sono costituiti, in pratica, da una batteria e da un convertitore AC/DC che converte la tensione continua in alternata. Questi convertitori hanno un trasformatore che garantisce un livello adeguato di tensione di uscita; il livello di tensione dipende anche dalla tensione della batteria utilizzata, che varia a seconda dell'uso che se ne deve fare e del costruttore. Un complemento indispensabile per questo tipo di apparecchiature è un sistema automatico che mantenga la carica della batteria. La capacità della batteria dipende da ogni particolare applicazione. Pensiamo ad alcune applicazioni, tanto per avere un'idea più chiara dei diversi tipi di UPS. Per un computer di un ufficio posto in una zona in cui normalmente non si verificano interruzioni di luce e di cui è possibile non farne uso per qualche tempo, si ha bisogno solamente di un sistema che garantisca l'alimentazione per 5 o 10 minuti e che emetta un segnale acustico che avvisi di chiudere i programmi, salvare i dati e spegnere il computer. Esistono ap-

Questo è il sistema più elementare per riuscire ad ottenere della corrente alternata a partire dalla corrente continua; si chiama chopper.

Convertitore che utilizza solamente un componente di commutazione; si avvale anche di un trasformatore per alzare o abbassare la tensione alternata di uscita.

Schema – molto semplificato – di un convertitore a quattro tiristori

parecchi UPS interfacciati con il computer e che possono essere programmati perché l'unità UPS chiuda i programmi e spenga il computer. Tuttavia, nel caso di una sala operatoria, deve poter garantire un periodo di tempo maggiore, anche se c'è un gruppo elettrogeno d'emergenza, perché quest'ultimo può rompersi o tardare ad avviarsi. Un altro classico esempio potrebbe essere quello di una centrale telefonica che deve avere una autonomia minima di circa 6 ore.

Conversione DC/AC

Interessiamoci, adesso, solamente alla conversione DC/AC, che, attualmente, viene effettuata mediante convertitori statici, che non hanno pezzi mobili. Diffusissimi fino a pochi anni fa – e ancora se ne trovano – sono i convertitori rotativi: in pratica sono composti da un motore (funzionante con corrente continua) che faceva ruotare un alternatore e accoppiato a quest'ultimo per mezzo dei rispettivi assi. Era la procedura di conversione classica quando si necessitava di grandi quantità di energia, che veniva garantita dai grandi convertitori rotativi.

Lo sviluppo di nuove tecnologie, però, ha permesso la costruzione di dispositivi elettronici capaci di controllare centomila Ampère; è stato l'impulso definitivo per il progetto e la fabbricazione dei convertitori statici di ogni tipo di potenza; essi, inoltre, sono meno rumorosi rispetto a quelli rotativi, hanno una bassissima manutenzione e

In questo diagramma possiamo vedere che, quando i tiristori 1, 2 e 3, 4 conducono alternativamente, il senso della corrente che circola nel carico, rappresentata dalla resistenza R, si inverte.

Conversione DC/AC

Schema base di un transistor che come elementi di commutazione utilizza dei tiristori.

offrono il vantaggio di potersi fermare istantaneamente e di essere facilmente controllabili mediante dei circuiti elettronici.

Il chopper

Il convertitore più semplice è il chopper, o spezzettatore. Consiste nel disporre un interruttore tra batteria e carica e nel farlo funzionare alla frequenza di rete. Anche se potrebbe sembrare improbabile, sul mercato furono disponibili convertitori destinati a potenze ridotte e basati su questo principio: l'interruttore era sostituito dai contatti di un relè. Il successivo passaggio nella modernizzazione fu quello di utilizzare un interruttore elettronico – un transistor in commutazione oppure un tiristore controllati dal corrispondente circuito di controllo. Anche se potremmo essere tentati di giudicare ottimale questo procedimento, dobbiamo riconoscere che aveva l'inconveniente di dover usare batterie dotate di una tensione elevata. Non costituisce un problema a patto che si utilizzi corrente alternata e che si colleghi all'uscita, per alzare o abbassare il livello di tensione, un convertitore. In commercio si trovano facilmente convertitori con un'entrata da 12 Volt che erogano all'uscita 220V/50Hz e che alimentano dei piccoli elettrodomestici: sono apparecchiature di ridotta potenza, ma molto apprezzate dagli appassionati di campeggio e di caravan. Sono comuni anche i convertitori da 24V DC – garantiscono i soliti 220V/50Hz – che si impiegano per le installazioni da 24 V su autoveicoli pesanti, per alimentare televisioni o rasoi.

Tipico utilizzo di un convertitore DC/AC.

Conversione DC/AC

I tiristori

I tiristori, malgrado siano di dimensioni ridotte, controllano correnti elevatissime.

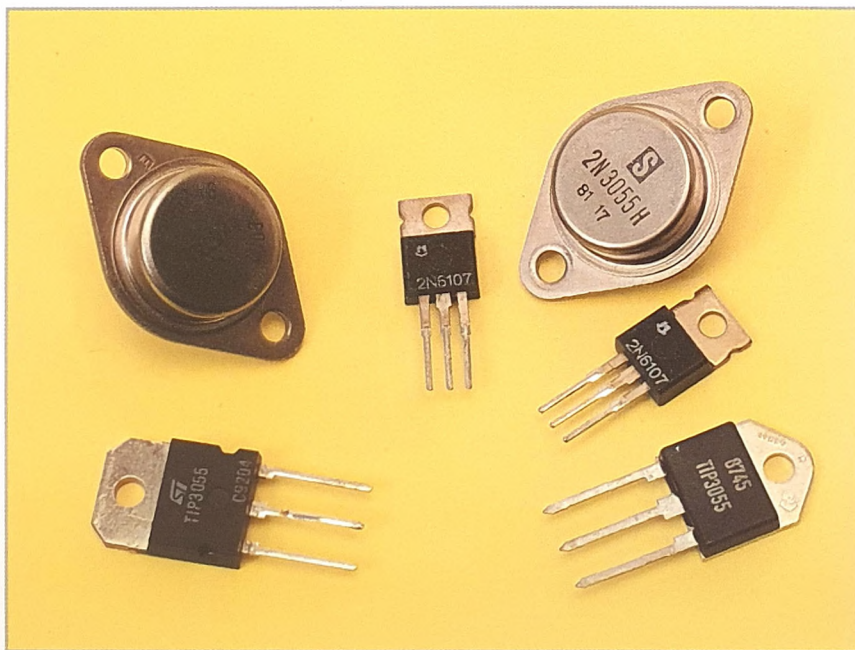
I tiristori sono dei dispositivi semiconduttori che possono commutare correnti elevatissime. Necessitano di un circuito di controllo e sono pilotati da correnti piccolissime; le loro dimensioni sono molto ridotte se confrontate alle correnti che sono in grado di controllare. I modelli più comuni del tipo fino a 16A hanno i loro contenitori molto simili a quelli dei transistor di potenza.

Convertitori a ponte

I dispositivi di commutazione – siano essi transistor di potenza o tiristori – agiscono come se fossero degli interruttori: quando conducono devono avere una caduta di tensione minima, mentre quando non conducono devono presentare una resistenza molto alta. Per capire meglio gli schemi base che proporremo, comunque, basterà considerarli come dei semplici interruttori. Se osserviamo un convertitore a ponte, quando i tiristori SCR1 e SCR2 conducono, la corrente circola attraverso il carico in un verso, ma quando conducono gli altri due tiristori, e cioè SCR3 e SCR4, la circolazione della corrente attraverso il carico si inverte: abbiamo ottenuto un'inversione della corrente. Possiamo sostituire il carico con il primario di un trasformatore; nel secondario otterremo una tensione che è proporzionale al numero delle spire.

Transistor di potenza.

Forme dell'onda

In teoria, l'onda che potremmo ottenere con un circuito di questo tipo, dovrebbe essere quadra, ma sarebbe meglio riuscire ad avere un'onda sinusoidale. Possiamo farlo in vari modi, il più semplice è quello di collegare all'uscita un filtro passa basso che lascia passare solamente la frequenza fondamentale, cioè i 50Hz.

Resistenze speciali

Descriveremo alcuni tipi di resistenze il cui utilizzo può risultare di notevole importanza in alcune applicazioni.

Oltre alle tipiche resistenze con bande a colore – molto utilizzate nei circuiti elettronici – ci sono moltissime resistenze speciali che è interessante conoscere. Il valore ohmico di alcune resistenze dipende in gran parte dalla temperatura, mentre in altri casi dipende dal livello di luce che viene percepito o dalla tensione ad essa applicata. A volte si usano dei gruppi di resistenze fisse inserite nel medesimo contenitore per avere un ingombro minore nel circuito stampato.

Resistenze speciali: diversi tipi e applicazioni.

Resistenze NTC

Le resistenze NTC sono così chiamate perché hanno un coefficiente di temperatura negativo: il loro valore ohmico, cioè, si abbassa quando aumenta la sua temperatura. Sono costituite da ossidi semiconduttori e la loro legge di variazione è esponenziale; a partire da un valore a temperatura ambiente, di circa 25 gradi, il loro valore decresce rapidamente in proporzione all'aumento della temperatura. Hanno diverse applicazioni. Quella più semplice è il sensore della temperatura per i termostati o altri dispositivi. In questo tipo di sensori si misura la resistenza e si traduce nella temperatura: con i moderni sistemi digitali è facilissimo calibrare questi dispositivi ed elaborare automaticamente una tavola resistenza/temperatura. Tuttavia, se si deve rilevare una determinata temperatura il dispositivo da applicare può essere un semplice comparatore.

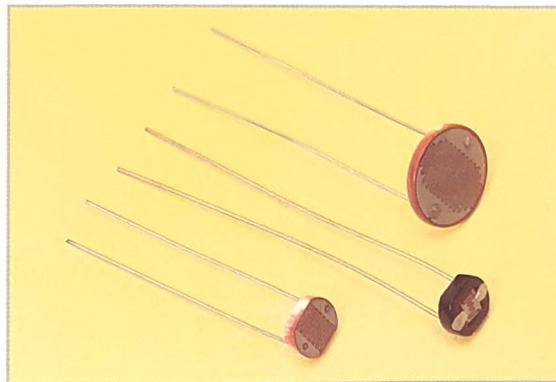
Resistenze NTC utilizzate come sensori della temperatura.

In questo tipo di resistenze la temperatura esterna è quella che determina il valore ohmico, il circuito di misurazione deve far circolare una corrente la più bassa possibile attraverso la resistenza per evitarne il surriscaldamento e per non influenzare la misurazione.

Autosurriscaldamento

In questo tipo di NTC il riscaldamento viene prodotto dalla corrente che attraversa la resistenza, malgrado questo tipo di resistenze abbia una resistenza nominale di circa 25° C, si definisce solitamente corrente nominale o massima quella che la attraversa. Vengono usate per evitare forti picchi di corrente nelle connessioni delle apparecchiature, soprattutto con un carico costituito da componenti con grosso assorbimento induttivo o capacitativo, normalmente dovuto ai filtri d'ingresso, alle apparecchiature o alle sorgenti di alimentazione; vengono collegate in serie con il cavo di alimentazione. Si utilizzano anche con le lampadine a basso consumo: hanno una resistenza re-

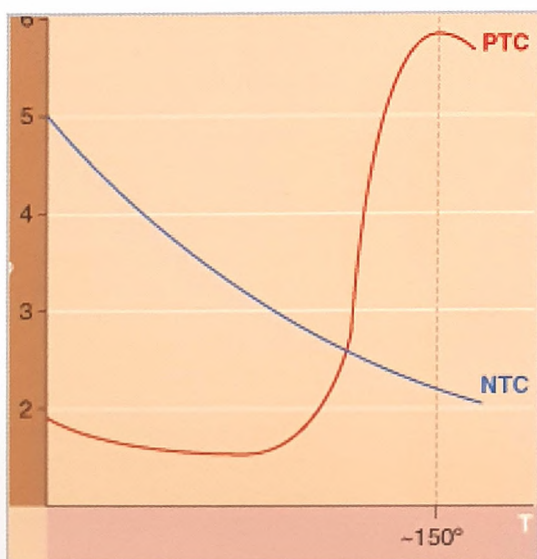
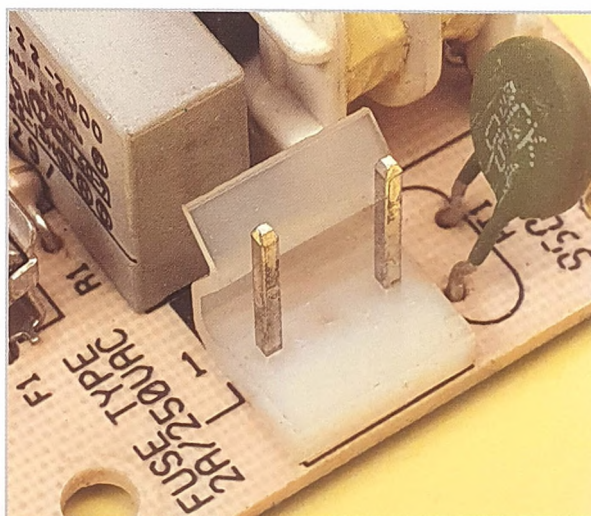
Resistenze speciali

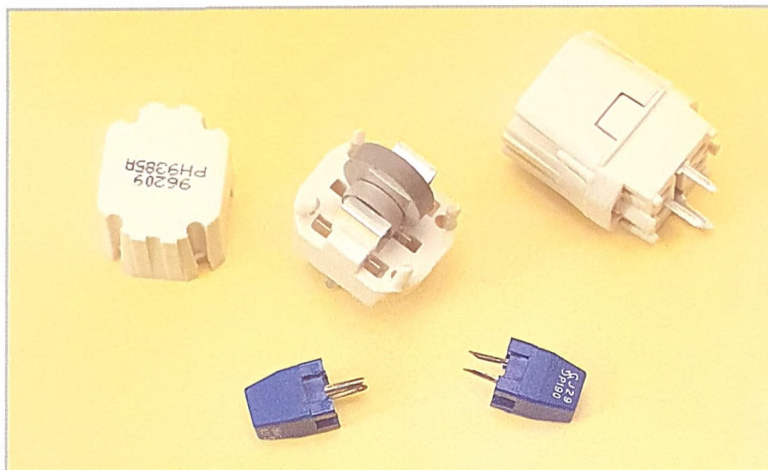
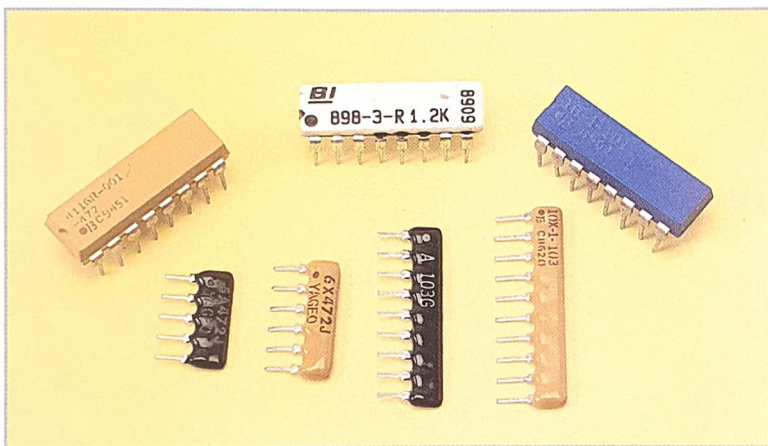
NTC utilizzata per limitare la corrente di avviamento.

Campioni di resistenze sensibili alla luce.

lativamente alta, da 10 a circa 50 Ω in genere al momento della connessione, per limitare il picco di corrente e poi sotto valori di 1Ω per provocare una caduta di tensione dell'alimentazione minima che influisce appena sul funzionamento normale dell'apparecchio da proteggere.

Resistenze PTC

Anche per fabbricare resistenze PTC si utilizzano i semiconduttori, normalmente in titanato di bario, ma in questo caso si tratta di resistenze con un coefficiente di temperatura positivo. Il valore della resistenza, cioè, aumenta all'aumentare della temperatura. Il loro comportamento rispetto alla temperatura è un po' strano: con le basse temperature si comportano quasi come una NTC con un coefficiente di temperatura leggermente negativo, con l'aumento della temperatura invece la loro resistenza inizia rapidamente ad aumentare. Tutto questo avviene quando ci si trova in una zona della temperatura situata intorno al punto di Curie. Le resistenze PTC si utilizzano come tali in questa zona. Se la temperatura aumenta notevolmente, il coefficiente ritorna ad essere leggermente negativo. Si indica solitamente il coefficiente con una base di temperatura ad un valore pari 25 gradi.

Si impiegano anche come protezione per limitare la corrente che circola attraverso un carico, ma si utilizzano per l'effetto contrario della NTC, dato che consente una forte corrente

Curve delle variazioni della resistenza di una NTC e di una PTC.

Il componente che sembra una lenticchia verde è una resistenza NTC, che evita picchi di corrente di avviamento in una fonte che genera picchi di commutazione.

Resistenze speciali

Resistenze PTC.

Campioni di avviamento di resistenze.

Varistori di diversi tipi.

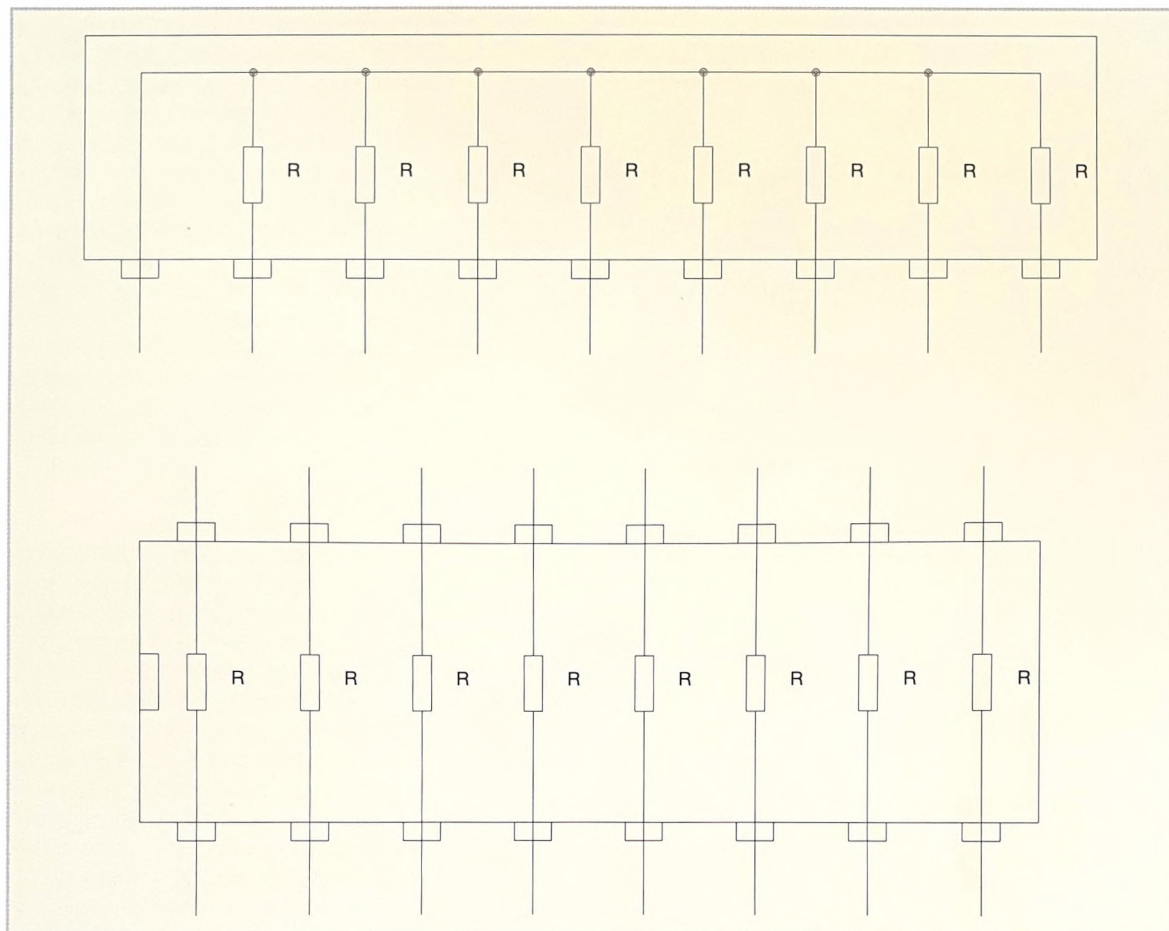
iniziale anche se poi ne riduce il funzionamento. Hanno anche un'applicazione molto peculiare: si collegano in serie con l'alimentazione delle bobine di smagnetizzazione che circondano il tubo catodico dello schermo del televisore; sono facilmente riconoscibili perché quasi sempre vanno all'interno di un contenitore caratteristico di plastica bianca: dentro ci sono due PTC collegate insieme con contatti che poi vengono inseriti nello stesso contenitore.

LDR

Le resistenze LDR si costruiscono con solfuro di cadmio, hanno un comportamento molto buono con la luce e la resistenza varia gradualmente; è facilissimo costruire il circuito. Presentano, però, l'inconveniente di costare molto e di essere oggetto di polemiche perché il cadmio ha un elevato potere cancerogeno, però non è un problema perché i fabbricanti di questo tipo di resistenze applicano uno strato protettivo per evitare che non liberino nessun tipo di sostanza dannosa; l'unica attenzione che dobbiamo avere è di non essere curiosi e di non romperle per vedere cosa ci sia dentro. Il contenitore, com'è logico, deve essere trasparente per permettere l'incidenza della luce. Quando la luce illumina la parte sensibile alla luce di questo tipo di resistenze, si libera una notevole quantità di elettroni che aumenta la conduttività del materiale, provocando una diminuzione di resistenza.

VDR

In questo tipo di resistenze il valore ohmico varia con la ten-

Resistenze speciali

Schema interno di due componenti integrati di resistenze.

sione applicata e lo fa di solito molto velocemente a partire da un determinato valore della resistenza. Gli esempi più tipici sono costituiti dai varistori utilizzati per la protezione degli apparecchi con transistor.

Resistenze integrate

Questa dicitura rappresenta un insieme di resistenze, ma in gergo elettronico si utilizza la sua denominazione inglese. Ci sono diversi tipi di resistenze integrate, normalmente si tratta di resistenze di valori uguali.

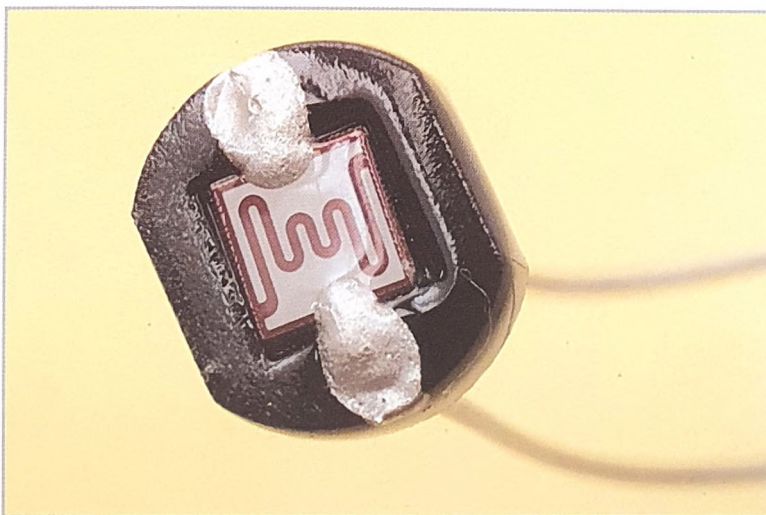



Foto molto ingrandita di una LDR.

Le induttanze

L'induttanza è la principale caratteristica di una bobina.

Quando si lavora con tensioni e correnti continue, si applica la Legge di Ohm, la quale stabilisce la proporzione esistente tra la corrente e la tensione che circola in una resistenza. Così, se dovesse esserci un picco di tensione, si verificherebbe istantaneamente anche un picco di corrente.

Però, se nel circuito ci sono dei componenti come le bobine, tra i due picchi, quello della tensione e quello della corrente, c'è un certo ritardo e la legge di Ohm non viene soddisfatta. In genere, una bobina inserita in un circuito, non può cambiare in maniera immediata la corrente che le circola attraverso.

Le bobine sono di diverse forme e dimensioni, a seconda dell'applicazione a cui sono destinate.

L'induttanza

Quando una corrente circola attraverso un conduttore, si genera un campo magnetico che produce, a sua volta, una tensione tra i morsetti e che si oppone alla corrente che lo ha provocato; appare solamente quando c'è una variazione di corrente, mentre, logicamente, scompare quando la corrente è costante. La tensione indotta tende ad opporsi ai cambiamenti di corrente che l'hanno generata. Quando la corrente aumenta, si immagazzina energia sotto forma di campo magnetico, ma quando la corrente diminuisce, l'energia ritorna al circuito che l'ha generata. Non dimentichiamo che le bobine immagazzinano energia! Possiamo applicare la seguente formula che consente di calcolare la quantità di energia immagazzinata in una bobina: $W = I^2L/2$, dove W è l'energia immagazzinata, espressa in joule, I è la corrente che circola, espressa in Ampère, e L è l'induttanza, espressa in Henry.

Tipica bobina cilindrica.

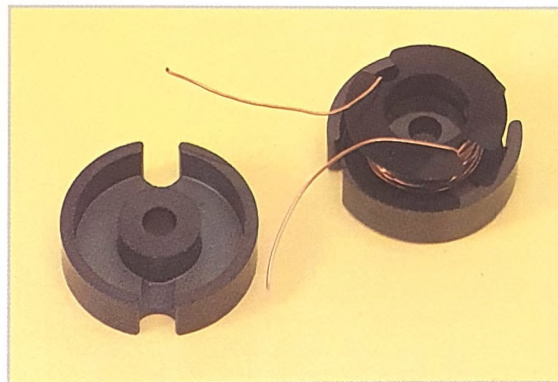
Bobina

Il nome deriva dalla forma più utilizzata per i componenti la cui principale caratteristica è l'induttanza. L'aspetto più comune è quello di una bobina di filo di rame arrotolata intorno ad un nucleo. Il nucleo può essere in aria, in ferro e anche in ferrite, materiale che consente di ottenere, in volumi relativamente piccoli, valori altissimi di induttanza.

Utilizzo

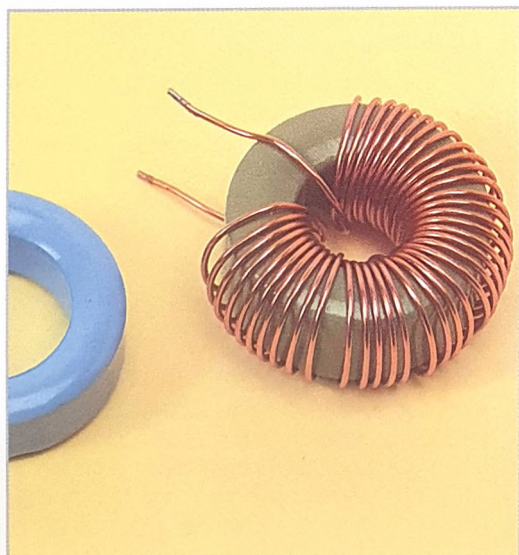
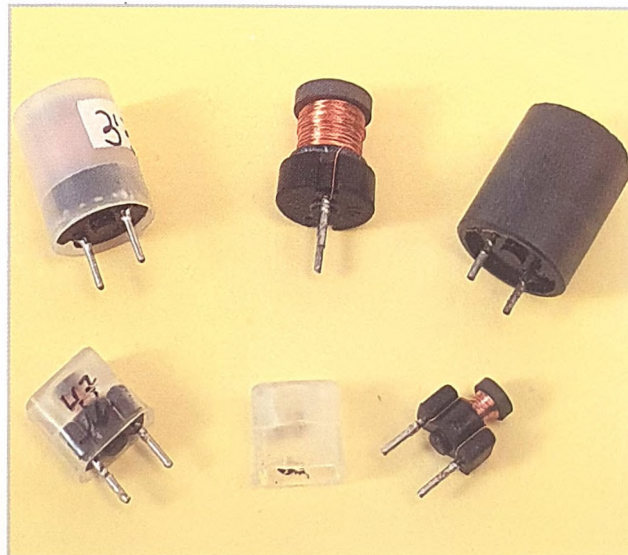
L'utilizzo delle bobine è vastissimo, ma negli apparecchi di radiofrequenza possiamo osservare una notevole varietà di questo utilizzo. Vengono impiegate, accoppiate con i condensatori, per realizzare diversi tipi di filtri. Esistono delle bobine

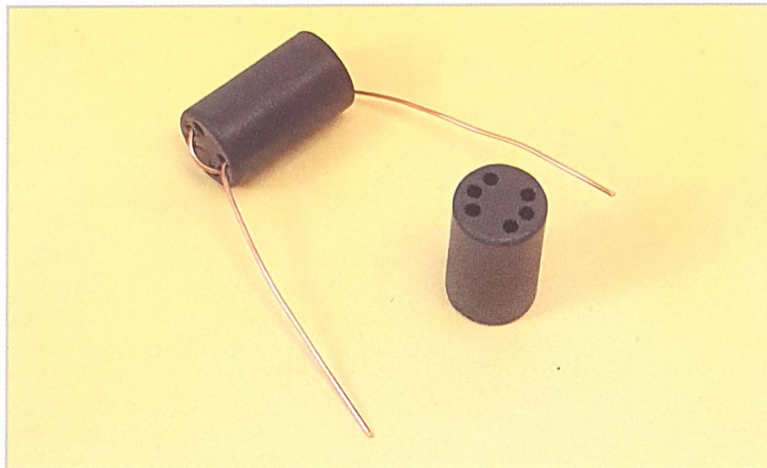
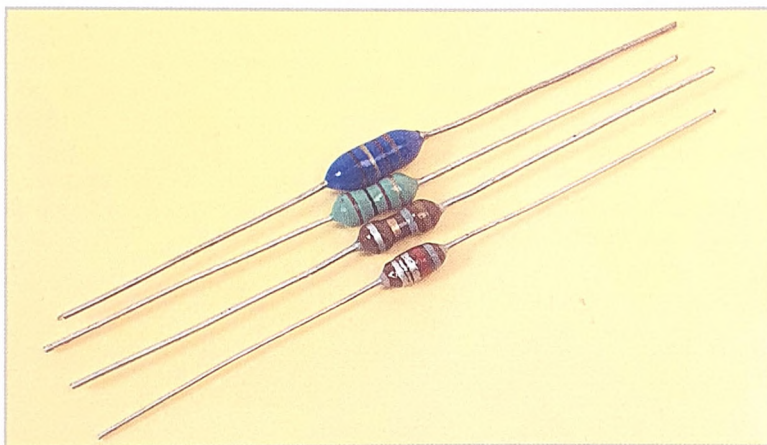
Le induttanze

Una bobina consiste in pratica in un "avvolgimento" costituito da diverse spire.

Le bobine possono avere un nucleo costituito da aria o da altri materiali; possono anche essere circondate dal nucleo.

chiamate shock che vengono utilizzate, come indica il loro nome, perché producono uno "shock" alla radiofrequenza. Una bobina di questo tipo collegata in serie in un circuito presenta un'alta impedenza a causa delle elevate frequenze; si utilizza per evitare che i segnali delle alte frequenze circolino nelle sezioni di un circuito provocando interferenze non volute. Un altro esempio classico, anche se fa parte più dell'elettricità che dell'elettronica, è la reattanza che è connessa ai tubi fluorescenti, che all'accensione fornisce lo spunto per accendere i tubi e dopo l'accensione limita la corrente che circola attraverso di essi. Si utilizza anche in filtri per separare i segnali inviati verso gli altoparlanti dei bassi.

Mutua induttanza

Le bobine generano un campo magnetico intorno a se stesse e quando si mettono vicine due bobine, in maniera tale che i loro campi magnetici vengano a contatto, può prodursi un trasferimento dell'energia che si sta applicando da una bobina all'altra; non dimentichiamoci, però, che tutto ciò si verifica solamente quando la corrente sta variando. Se applichiamo una tensione alternata si produrrà una corrente che cambia, che aumenta o diminuisce periodicamente con il trascorrere del tempo; in questo modo, si trasferisce l'energia da una bobina all'altra. È il principio su cui si basa il funzionamento dei trasformatori.

Bobina con nucleo toroidale.

Bobine del tipo miniaturizzato.

Le induttanze

Grazie alle ferriti di questo tipo, le correnti superficiali indotte vengono praticamente eliminate.

Le bobine miniaturizzate, sono molto simili alle resistenze.

Bobina da 1 mH; il codice a colori somiglia molto a quello delle resistenze.

L'Henry

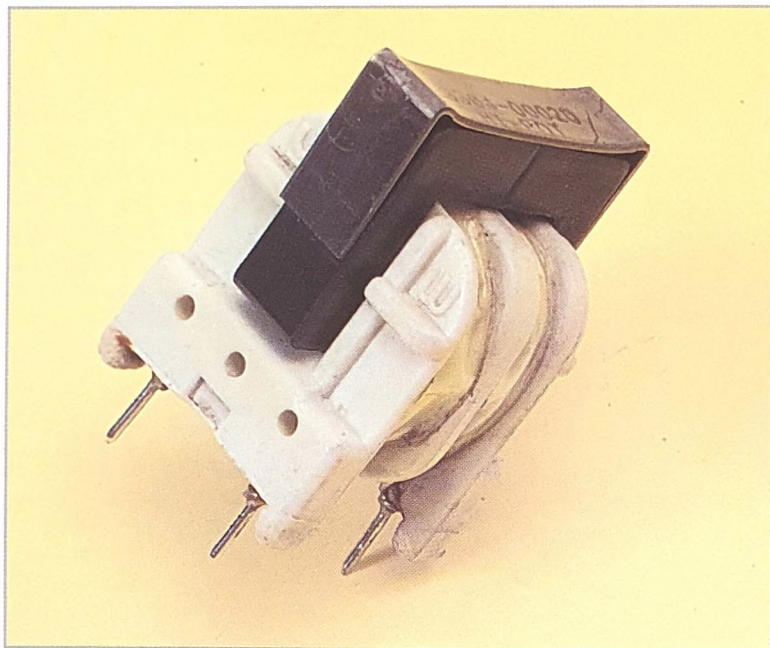
L'Henry è l'unità di misura dell'induttanza. Normalmente, però, dato che l'Henry è un'unità grande, si lavora con i sottomultipli, come il milliHenry (mH) e il microHenry (μH). In genere, tanto più alta è la frequenza, tanto minore sarà il valore della bobina da utilizzare e viceversa.

Bobine ideali

In teoria, una bobina ideale si distinguerebbe per la sua induttanza – che rappresenta con la lettera L; in realtà, dato che una bobina è costituita da un filo più volte avvolto intorno al proprio nucleo, presenta anche una resistenza in serie. Tra le varie spire ci sono delle differenze di tensione e, poiché esse sono vicinissime le une alle altre, vengono a prodursi delle capacità parassite che influenzano seriamente il funzionamento della bobina e che influiscono in maniera diversa a seconda della frequenza di funzionamento.

Calcolo dell'impedenza

Il modulo dell'impedenza per una determinata frequenza può essere dato approssimativamente come il valore della resistenza che la bobina presenterebbe al passaggio della corrente a una determinata frequenza. Viene rappresentata dalla formula $|Z| = wL$, dove $w = 2\pi f$, f è la frequenza. Osservando la formula è facile dedurre che l'induttanza aumenti con l'aumentare della frequenza. Lo si comprende meglio con un esempio. Supponiamo di inserire una bobina con un'induttanza di 10 mH in un circuito

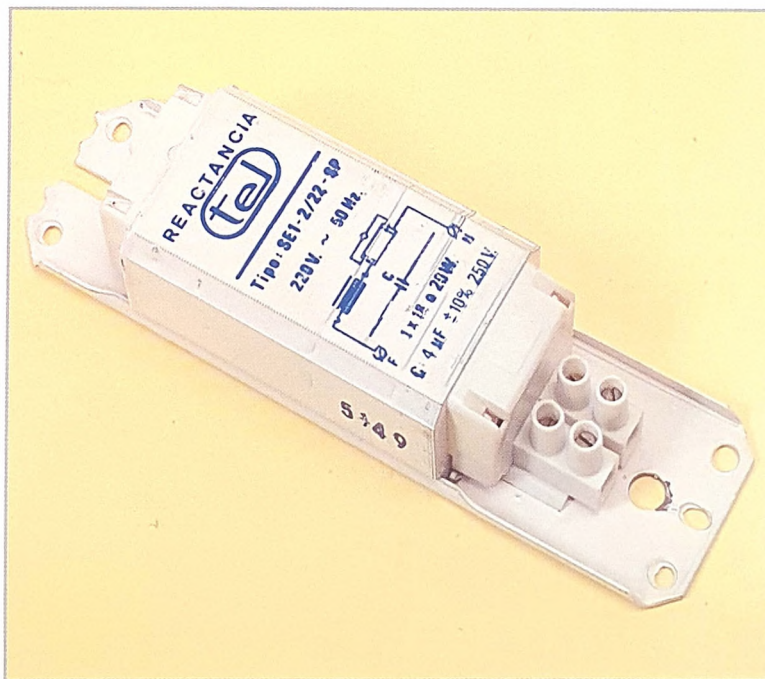
Le induttanze

Bobina doppia con nucleo di ferro;
viene usata soprattutto nei filtri di entrata delle apparecchiature.

nel quale circolino, oltre a quella dell'alimentazione continua, anche due segnali parassiti, uno di 500 kHz e l'altro di 12 MHz. Se applichiamo la formula per la corrente continua, la frequenza è 0 e, pertanto, anche il modulo dell'impedenza è 0: la corrente dell'alimentazione continua, quindi, non incontra resistenza al proprio passaggio. Per il segnale da 500 kHz, presenta un'impedenza di $|Z| = 2 \times \pi \times 500.000 \times 10 \times 10$ e-3, pari a 31.400 Ohm, cioè 31K; mentre per l'altro abbiamo $|Z| = 2 \times \pi \times 12.000.000 \times 10 \times 10$ e-3 uguale a 753.982 Ohm, cioè circa 754K, che è un'impedenza considerevole e che produrrà una forte attenuazione in questi due segnali.

I nuclei

I nuclei delle bobine possono essere molto diversi uno dall'altro; possono essere anche costituiti d'aria. Certi materiali, soprattutto quelli ferromagnetici, riescono a concentrare una maggior quantità di flusso magnetico e ciò produce un considerevole aumento del valore dell'induttanza.

Il filo conduttore

Ci sono diversi tipi di materiale, il più comune è il rame, nella bobina di RF – radiofrequenza – solitamente di rame ricoperto per diminuire la resistenza parassita in serie. La cosa più normale è il filo di rame ricoperto con un sottile strato di vernice isolante per evitare che le spire si cortocircuitino tra loro. La vernice deve essere di ottima qualità e deve sopportare altissime temperature. Dopo aver costruito una bobina, bisogna pulirne sempre molto bene le estremità dei fili per garantire una buona connessione elettrica.

La reattanza utilizzata nei tubi fluorescenti
è l'esempio più comune di bobine che possiamo trovare nelle nostre case.

L'euroconnettore

In questo connettore troviamo gli ingressi e le uscite dei segnali audio, video e di altri segnali addizionali.

Parlando di televisori, videoregistratori e gruppi audio, dobbiamo tenere presenti i concetti che spiegheremo in seguito. Per ora, ci concentreremo solamente sul ricevitore (comunemente chiamato sintonizzatore) della televisione: dispone di un cavo per mezzo del quale riceve l'alimentazione della rete (ed altro) collegato all'antenna. Sedendoci davanti ad un televisore, vediamo un'immagine e sentiamo dei suoni.

Questo segnale viaggia su di una frequenza ben definita, detta Frequenza Portante, contenente due tipi di segnali diversi: il segnale video e il segnale audio.

Il segnale video contiene le informazioni relative alla luminosità (o Luminanza con simbolo Y) e al colore dell'immagine stessa (o Crominanza con simbolo C).

Le informazioni relative alla luminanza sono modulate in ampiezza, mentre le informazioni della crominanza sono modulate in fase.

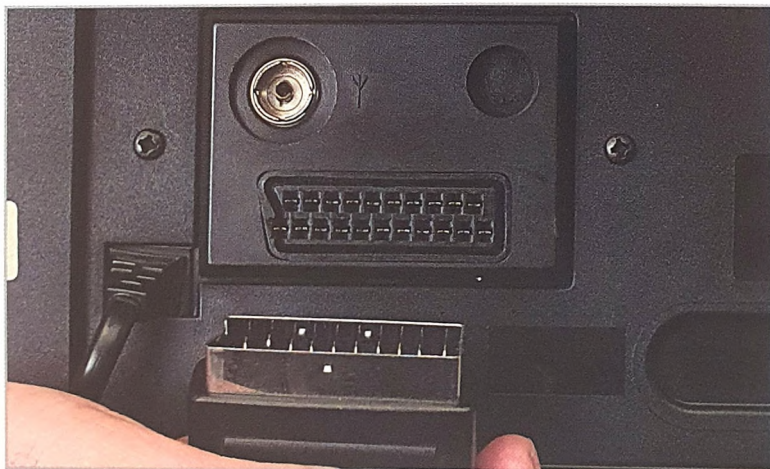
Il segnale Audio viaggia su una frequenza vicina alla Frequenza Portante, chiamata Sottoportante Audio, è modulato in ampiezza, ed ha una separazione fissa dalla portante video di 5.5 MHZ (Megaertz). Ad esempio se la portante video è sui 430 MHZ la sottoportante Audio sarà a 435.5 MHZ.

All'interno del televisore e per mezzo di un processo abbastanza complesso i segnali audio e video vengono demodulati e inviati a diversi circuiti: come risultato avremo un'immagine sullo schermo del televisore e un suono prodotto dall'altoparlante.

Vista posteriore di un videoregistratore domestico ad alta gamma. Si osservi la notevole quantità di connettori disponibili.

Apparecchiatura video

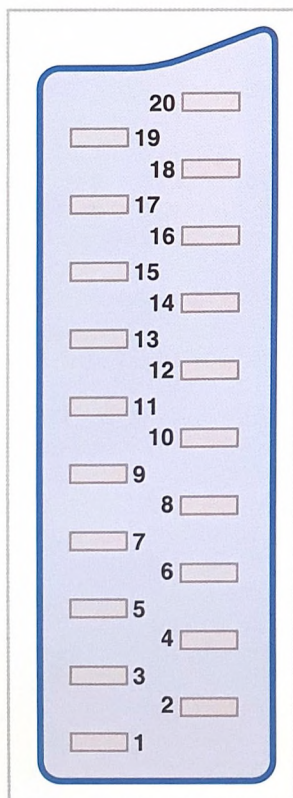
Supponiamo, ora, di voler collegare un videoregistratore al televisore per vedere una registrazione e di ascoltarne il corrispondente suono. In questo caso, il problema si complica perché il videoregistratore, producendo diversi segnali di uscita, offre diverse possibilità. Inserendo la cassetta VHF e premendo il pulsante "PLAY", l'apparecchio produce un segnale video, e un segnale audio, separati e in "Banda Base" cioè senza alcuna modulazione in frequenza.

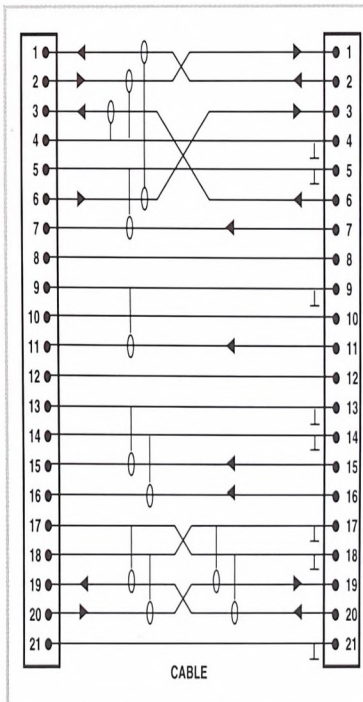
I connettori vengono identificati come VIDEO OUT e AUDIO OUT e, se l'apparecchio è stereofonico, ci sono due segnali audio: AUDIO OUT (R) e AUDIO OUT (L). Questi segnali possono essere disponibili nei connettori individuali tipo RCA o integrati nell'euroconnettore, comunemente chiamato presa SCART. Alcuni apparecchi ad alta gamma offrono entrambe le possibilità. Il problema però, sta nel portare i segnali al televisore, infatti con un televisore non molto sofisticato di alcuni anni fa, che dispone solamente dell'entrata dell'antenna contrassegnata so-

I televisori moderni hanno come minimo, una presa per l'antenna e un euroconnettore.

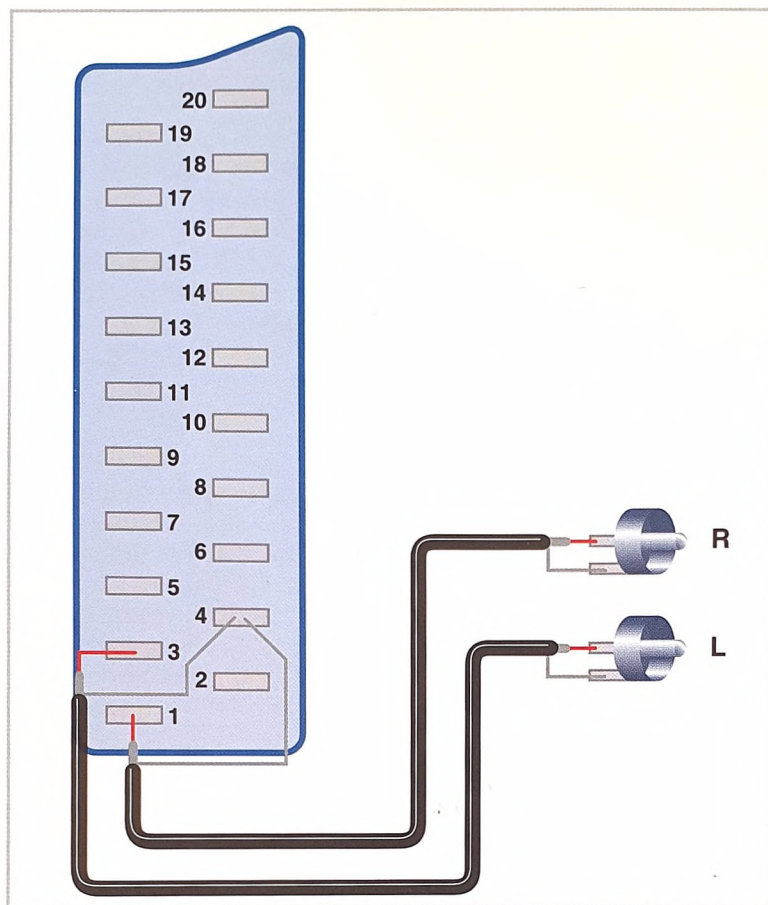
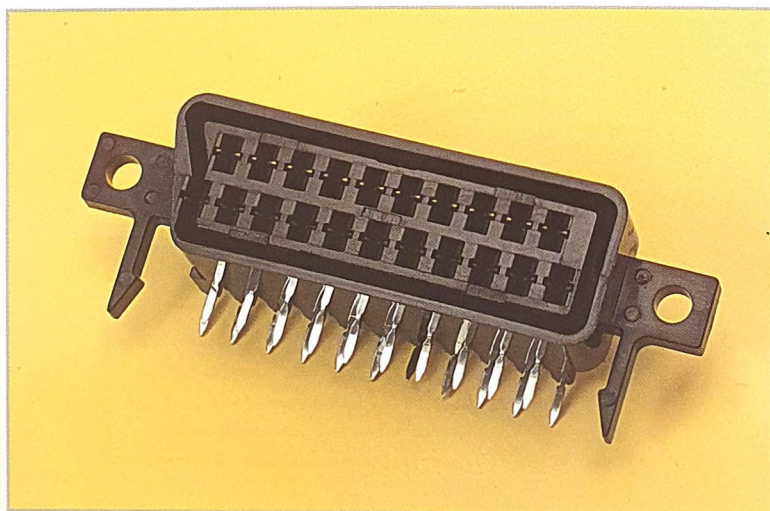
L'euroconnettore

Adattatore RCA per euroconnettore. Si utilizza per collegare la telecamera a un euroconnettore: il connettore giallo è l'entrata video, quello bianco e quello rosso, invece, sono destinati ai due canali audio.

La modalità più consueta per collegare un videoregistratore a un televisore è mediante gli euroconnettori a tutti e due gli estremi.

litamente come RF, non si può effettuare questa connessione. Per ovviare a questo problema, i costruttori di videoregistratori inseriscono un modulo modulatore che riceve alla sua entrata i segnali audio e video ed eroga alla propria uscita un segnale modulato in RF con le frequenze corrispondenti a quelle di un canale televisivo, per poter accedere a questo per mezzo della presa dell'antenna. Nel videoregistratore questa uscita del segnale è contrassegnata come RF OUT ed è facilmente identificabile e utilizzabile come connettore della connessione dell'antenna. Perché la rimanenza dei canali televisivi continui a giungere al televisore, l'apparecchio riproduttore ha anche un'entrata RF IN, per collegare il cavo dell'antenna che prima andava al televisore.

AUDIO RIGHT OUTPUT	1	USCITA AUDIO CANALE DESTRO
AUDIO RIGHT INPUT	2	ENTRATA AUDIO CANALE DESTRO
AUDIO LEFT OUTPUT	3	USCITA AUDIO CANALE SINISTRO
AUDIO COMMON RETURN	4	MASSA AUDIO
BLUE RETURN	5	MASSA DEL BLU
AUDIO LEFT INPUT	6	ENTRATA AUDIO CANALE SINISTRO
BLUE	7	INGRESSO DEL BLU
STATUS/16:9	8	TENSIONE DI COMMUTAZIONE
GREEN RETURN	9	MASSA DEL VERDE
FUTURE USE	10	UTILIZZO FUTURO
GREEN	11	INGRESSO DEL VERDE
FUTURE USE	12	UTILIZZO FUTURO
RED RETURN	13	MASSA DEL ROSSO
FAST BLANKING RETURN	14	MASSA DEL BLANKING*
RED/CHROMINANCE	15	INGRESSO DEL ROSSO/ CROMINANZA
FAST BLANKING (RGB)	16	BLANKING*
CVBS OUTPUT RETURN	17	MASSA DEL SEGNALE VIDEOCOMPOSITO USCITA
CVBS INPUT RETURN	18	MASSA DEL SEGNALE VIDEOCOMPOSITO ENTRATA
CVBS OUTPUT	19	USCITA VIDEOCOMPOSITO
CVBS LUMINANCE INPUT	20	ENTRATA VIDEOCOMPOSITO/ LUMINANZA
COMMON RETURN	21	CONNESSIONE SCHERMO DEL CAVO

*Durante questo segnale presente sia nel ritorno di quadro che in quello di riga il pannello elettronico è spento.

Cavo di connessione tra videoregistratore e TV. I circuiti rappresentano gli schemi dei cavi.

L'euroconnettore

Collegamento per l'estrazione dei segnali audio e video di un apparecchio dotato di euroconnettore per portarlo ad un altro apparecchio per la registrazione o riproduzione del suono.

L'euroconnettore montato sulle apparecchiature video è un euroconnettore femmina.

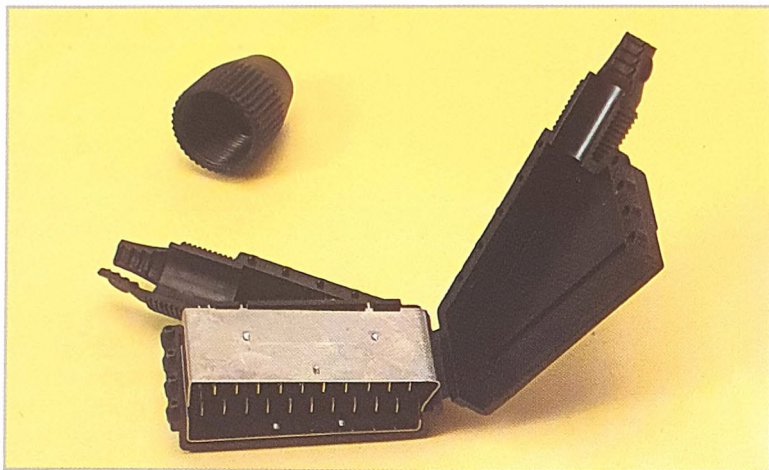
Entrate del televisore

Da qualche anno, quasi tutti i ricevitori televisivi hanno uno o più ingressi audio e video indipendenti dal segnale dell'antenna. Questo consente ai segnali audio e video provenienti dalle uscite VIDEO OUT e AUDIO OUT dal riproduttore del video di arrivare alle entrate VIDEO IN e AUDIO IN del televisore. Le entrate del televisore possono essere utilizzate per collegare anche una telecamera. Il connettore può essere un euroconnettore o avere dei terminali del tipo RCA; il colore giallo, solitamente, indica l'ingresso video, mentre il rosso e il bianco corrispondono ai due canali del suono.

Entrate del video

Finora abbiamo parlato solamente della riproduzione, ma gli apparecchi domestici in genere offrono diverse possibilità: si può ricevere un segnale della televisione, di una telecamera, di un altro riproduttore video o di un televisore. Vediamoli ad uno ad uno.

Gli apparecchi video domestici hanno dei circuiti che corrispondono a un sintonizzatore TV, selettore dei canali incluso, che permettono di estrarre da un canale televisivo sintonizzato, i segnali video e audio da registrare; in questo caso, essi arrivano attraverso il cavo dell'antenna.

Gli apparecchi però, hanno normalmente delle entrate dirette video e audio, contrassegnate rispettivamente come VIDEO IN e AUDIO IN (AUDIO IN (R) e AUDIO IN (L) se si tratta di un apparecchio stereofonico). Attraverso queste entrate si possono ricevere segnali audio e video provenienti da altre apparecchiature come telecamere, videoriproduttori e dalle uscite VIDEO OUT

Gli euroconnettori montati su cavi sono del tipo maschio.

e AUDIO OUT dei recettori della televisione che dispongono delle medesime.

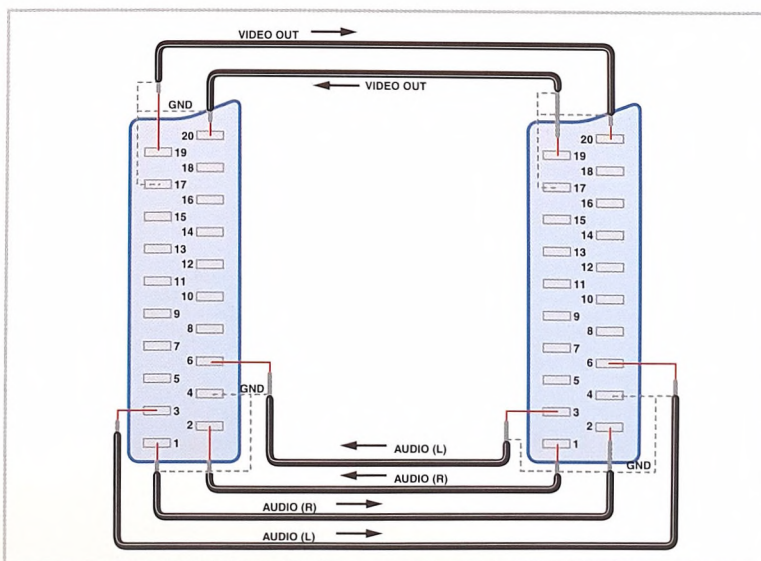
L'euroconnettore

È un connettore composto da 21 terminali, l'ultimo dei quali, il ventunesimo, non ha l'aspetto di un terminale vero e proprio in quanto corrisponde all'intelaiatura metallica. Permette di effettuare connessioni multiple di molti segnali tra gruppi audio e video domestici. Contiene principalmente le connessioni audio e video, sia d'entrata che di uscita. Oltre a quelle dei segnali di controllo è prevista anche la possibilità di trasmettere dati, facilitando inoltre la connessione di decodificatori e di recettori dei segnali sia della televisione via etere, via satellite, sia di tipo analogico che digitale.

Utilizzo dell'euroconnettore

Sono molti i tipi di cavi che utilizzano l'euroconnettore pur non essendo sempre necessarie tutte le connessioni. Se, per esempio, si vuole semplicemente estrarre il suono per portarlo a un amplificatore audio, avremo bisogno solamente dei terminali 1 e 3, senza dimenticarci di utilizzare un cavo schermato e collegare lo schermo al terminale della massa audio, contrassegnato con il numero 4. Questa non è una raccomandazione inutile, infatti se lo dimenticassimo, gli altoparlanti dell'amplificatore potrebbero produrre un forte rumore causato dalle non adeguate connessioni.

Connessioni video

Le connessioni video devono essere realizzate con un cavo coassiale da 75Ω, unendo la calza di ognuno dei cavi al terminale corrispondente. I costruttori di cavi, terminanti in connettori di diverso tipo, prolunghe eccetera, tengono conto di tutte queste considerazioni e utilizzano i cavi adeguati. Comunque la costruzione di questo tipo di cavi è abbastanza semplice, soprattutto quando non devono essere utilizzati tutti i segnali. Conoscere almeno superficialmente tutti i collegamenti in modo da poter all'occorrenza, effettuare delle riparazioni, è utile, ma i connettori devono poter essere del tipo che è possibile smontare. Abitualmente si usano connettori con una copertura che non fonda, una volta che sia stato collegato il cavo; infatti danno dei buoni risultati stringendo bene i cavi e sopportando gli strattoni a cui vengono invariabilmente sottoposti, però ne impediscono, in caso di avaria, la riparazione.

Connessioni minime da effettuare per portare i segnali audio e video tra il televisore e il videoregistratore o il riproduttore.

I cristalli di quarzo

I cristalli di quarzo si utilizzano principalmente per costruire degli oscillatori quando si vuole grande precisione e stabilità di frequenza.

Negli apparecchi radio più vecchi la frequenza dell'oscillatore veniva ottenuta mediante un cristallo di quarzo, utilizzandone uno diverso per ogni canale.

Al giorno d'oggi si utilizzano altre tecniche che permettono di disporre di un gran numero di canali, 2000 ad esempio. Va detto però, che non hanno un banco di 2000 cristalli, ma si utilizza un sintetizzatore che a sua volta funziona grazie a uno o due cristalli di una determinata frequenza.

Cristalli di quarzo di uso comune.

I cristalli

Il quarzo è il materiale più utilizzato per costruire cristalli risonanti, è in realtà diossido di silicio. Anche se il quarzo è molto diffuso in natura e facile da reperire, così come lo si trova, esso non ha una diretta applicazione come risonatore.

Perché possano assolvere a questa funzione, i cristalli di quarzo devono venire tagliati in una determinata maniera.

Sono componenti relativamente grandi: tanto più bassa è la frequenza, tanto più grande deve essere il cristallo.

Dato che i cristalli funzionano, solitamente, tra i 400 Hz e i 125 MHz (alcuni tipi di taglio, in particolare il taglio AT, uno dei più classici nel quarzo, porta i quarzi a oscillare in un campo di frequenze da 800 KHz a 360 MHz) la frequenza massima viene determinata dalle dimensioni minime del cristallo che rischierebbe, quindi, di rompersi. Alcuni procedimenti ci permettono di raggiungere frequenze superiori.

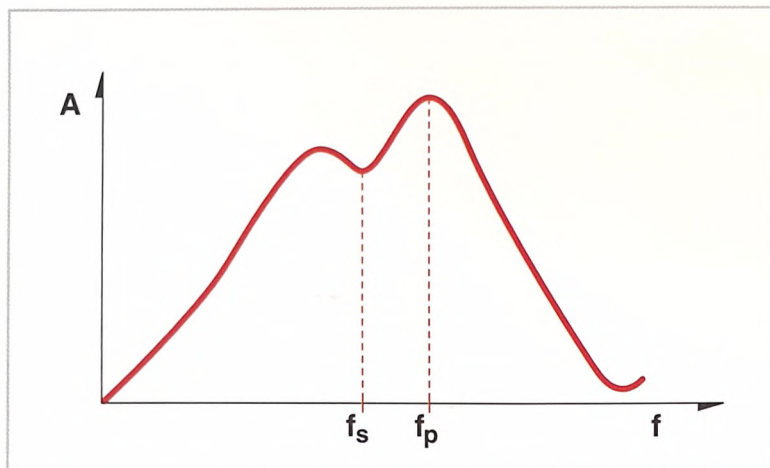
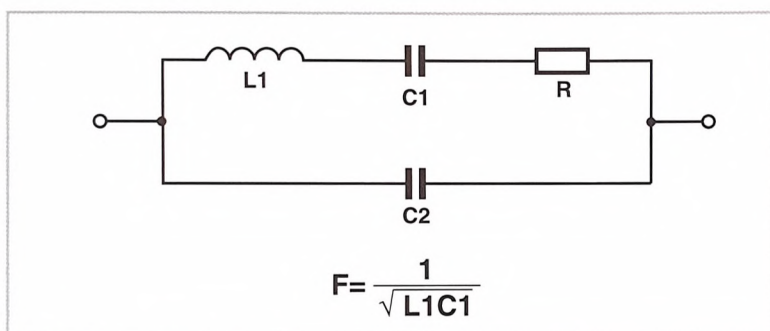
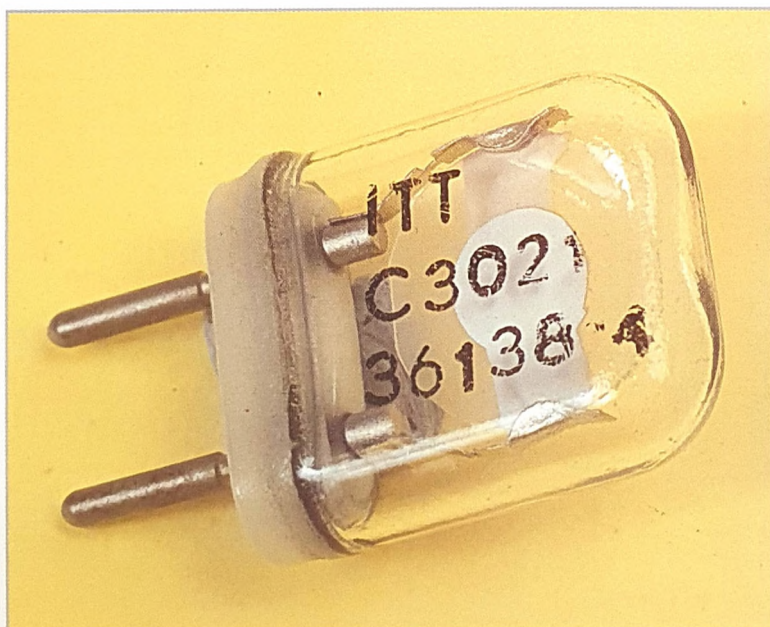
Naturale o sintetico

Anche se in natura è disponibile molto quarzo, in genere, presenta molte impurità che ne sconsigliano l'utilizzo. I cristalli sintetici garantiscono un maggior rendimento e permettono di ottenere un maggior numero di lamine utili per unità di volume. Il taglio del quarzo è un procedimento delicato perché si deve individuare l'asse ottico, tagliare la faccia parallela ad esso, quindi, con un complesso sistema di raggi X si focalizza l'asse elettrico; quello meccanico è facile da determinare perché è perpendicolare ai due assi precedentemente calcolati. Tagliata la piastra, la si pulisce e si applica sulle due facce una superficie conduttrice a cui andranno saldati i terminali. Nei vecchi cristalli i contatti erano a pressione. In seguito, si inserisce il tutto in una capsula che, in genere, è di metallo. Il cristallo ha bisogno di un periodo di tempo per stabilizzarsi.

Parti principali di cui è costituito un cristallo di quarzo.

Frequenza

La frequenza di risonanza dei cristalli dipende dalle dimensioni della piastra e dalle modalità di vibrazione. Un cristallo può vibrare nei seguen-

I cristalli di quarzo

Ampiezza relativa della vibrazione di un cristallo di quarzo.

Circuito equivalente di un cristallo di quarzo.

Cristallo con capsula trasparente.

ti modi: flessore, trasversale e longitudinale. Il modo flessore consiste in un movimento di curvatura della piastra, la modalità trasversale consiste in uno spostamento parallelo di due piani alla piastra, ma in senso opposto. Infine la modalità longitudinale consiste in un movimento di "allungamento" della piastra. Nel modo flessore le frequenze di oscillazione vanno da 0,4 a 100 kHz, nella modalità longitudinale vanno da 409 a 15000 kHz e, infine, nella modalità trasversale vanno da 100 a 125.000 kHz. I cristalli hanno due frequenze di risonanza. La frequenza di risonanza in serie dipende dai valori di autoinduzione L1 e dalla capacità C1; la capacità parallela Co influisce anche sulla frequenza risonante in parallelo. L'impedenza del cristallo è minima per la frequenza di risonanza in serie, mentre è massima quando risuona in parallelo. Nei circuiti, di norma, lavorano necessariamente in una modalità o nell'altra. Anche se ci sono dei cristalli per alcune frequenza standard, possono essere incaricati dello stesso compito dei cristalli di qualsiasi frequenza all'interno di ragionevoli margini di frequenza. Quando si acquista un cristallo, e soprattutto se si vogliono raggiungere grandi precisioni e stabilità, si devono conoscere i suoi dati caratteristici, come le derive nel tempo e di temperatura.

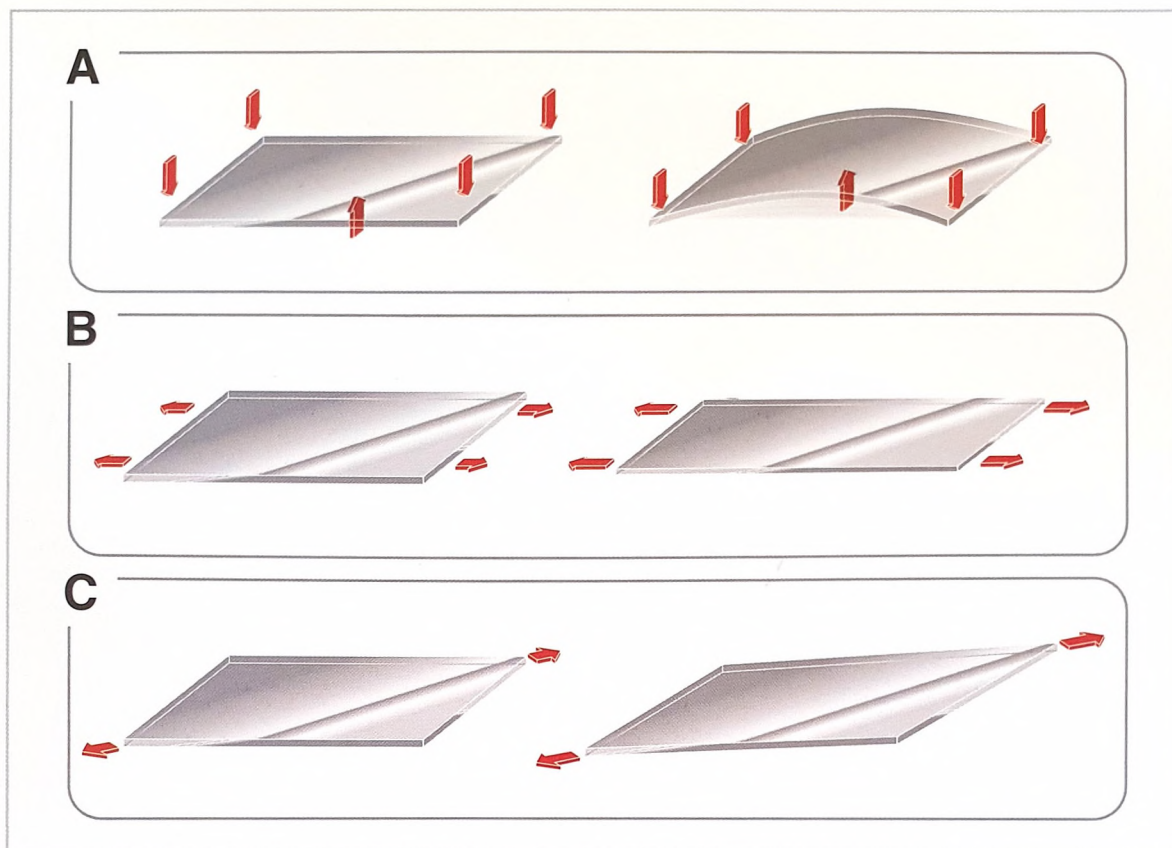
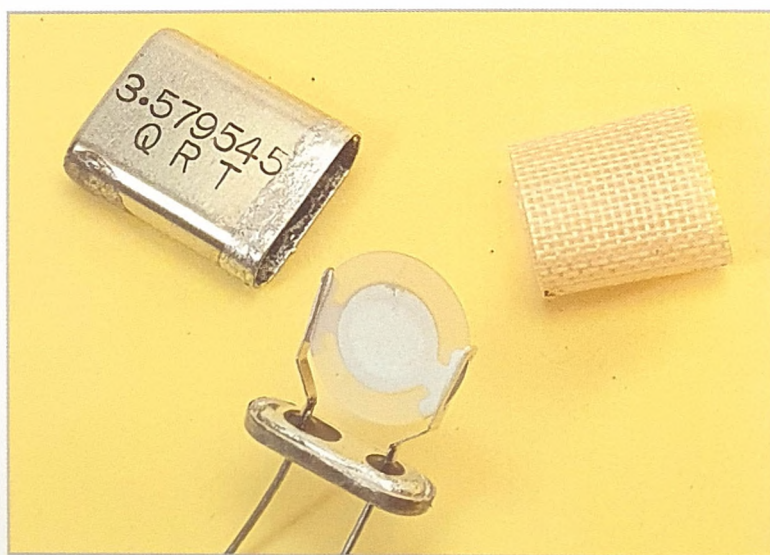
Oscillatori

Alcuni costruttori offrono dei piccoli oscillatori, estremamente completi e pronti all'u-

I cristalli di quarzo

A

B

C

Modalità di vibrazione di un cristallo di quarzo.
A) per flessione, B) per spostamento in senso longitudinale, C) per spostamento in senso trasversale.

Cristallo di quarzo senza carcassa;
è posto di fianco al pezzo che lo contiene e che lo protegge anche dai colpi.

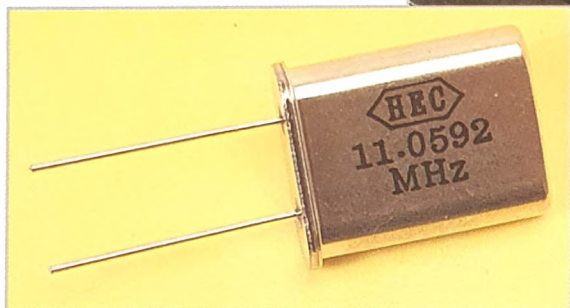
so; ne esistono a frequenza fissa oppure a frequenza regolabile.

Filtri

I cristalli di quarzo si utilizzano anche per costruire dei filtri molto selettivi: possono attenuare il canale vicino fino a 90 dB.

Fattore di qualità

Quando si parla di filtri, si menziona, solitamente, il fattore di qualità, rappresentato dalla Q. Un oscillatore è tanto più stabile quanto più grande è la sua Q. La Q di un circuito determina la larghezza di

I cristalli di quarzo

In genere, la frequenza è stampata sul corpo del cristallo.

In molti circuiti, soprattutto ricevitori radio e computer, si trovano cristalli di quarzo.

banda a 3 dB. La Q diminuisce quanto più alto è il valore resistivo del filtro: è importantissimo che la resistenza serie delle bobine sia minima. Con un circuito LC si ottengono valori tra i 40 e i 100, valori altissimi, ma possiamo raggiungere anche i 400. I cristalli hanno pochissime perdite e la Q dei cristalli è, quindi, elevatissima: solitamente risulta superiore a 10.000 e, in alcuni casi, può superare il milione.

Forni

Quando si deve mantenere molto stabile la frequenza dell'oscillatore, oltre a utilizzare circuiti che compensino le possibili variazioni di temperatura, si usano anche i cosiddetti forni, che consistono di alcuni piccoli recinti in cui si mantiene la temperatura, solitamente a circa 50 o 60 gradi centigradi, per evitare possibili derive di temperatura. Non incorporano il solo cristallo, ma l'oscillatore completo. Nei laboratori è normale l'utilizzo di strumenti con alcune parti del circuito costantemente sotto tensione – e una di esse è per l'appunto quella che contiene il forno –. Si ottengono così frequenze molto stabili, indispensabili per moltissime apparecchiature. Si utilizzano anche oscillatori molto stabili che a loro volta vengono periodicamente calibrati con altri di qualità superiore; si usano anche altri materiali diversi dal quarzo, ma con un costo molto più alto, infatti se ne riserva l'uso ad apparecchi costosissimi. Per circuiti più abbordabili, invece, si possono utilizzare risuonatori ceramici, oltretutto di minor dimensione.

Oscillatori a cristallo.

I rettificatori di precisione

I diodi non possono essere utilizzati per rettificare direttamente segnali di tensione inferiori alla loro soglia di conduzione.

Utilizzando i diodi, non bisogna dimenticare che la differenza di potenziale applicata fra anodo e catodo deve superare la tensione di soglia per portarli in conduzione; quindi è approssimativo dire che il diodo permette il passaggio della corrente in un senso e che lo impedisce nell'altro.

I multimetri hanno bisogno di rettificatori di precisione.

La soglia

I diodi hanno una tensione soglia al di sotto della quale non conducono o, se conducono, lo fanno in modo molto irregolare. Pertanto, se applichiamo all'entrata di un diodo un segnale troppo debole, alla sua uscita non avremo nessuna risposta.

I diodi che comunemente si usano sono quelli al germanio e al silicio. I primi vengono utilizzati molto nei rettificatori dei multimetri analogici ad ago, per la misura dei segnali alternati. Utilizzando questo tipo di strumento ricordiamoci di prestare molta attenzione al campo di misura specificato dalle istruzioni. Il fondoscala di questi multimetri generalmente è di 6 Volt, inoltre vengono considerate imprecise le letture al di sotto di 1 Volt. La tensione di soglia dei diodi al germanio è dell'ordine di 0,2 Volt, mentre i diodi al silicio, attualmente molto diffusi, sono peggiori sotto questo punto di vista, infatti hanno una tensione di soglia attorno a 0,6 Volt. Questo ne rende sconsigliabile l'utilizzo diretto nei rettificatori per piccoli segnali.

I diodi al silicio hanno una soglia di conduzione di 0,6 Volt.

Rettificatori per piccoli segnali

Gli attuali multimetri misurano con notevole precisione le tensioni alternate e normalmente arrivano ad una sensibilità di 200 V sul fondoscala. Questo è possibile grazie ai circuiti rettificatori di precisione che utilizzano diodi al silicio, abbinati ad altri componenti attivi, ad esempio gli amplificatori operazionali. Generalmente, non ci si avvale della rettificazione diretta, dato che non è realizzabile per i segnali al di sotto della tensione di soglia.

Rettificatore base di precisione

Il circuito base di rettificazione è molto elementare, ma ci ser-

I rettificatori di precisione

I diodi al germanio hanno una soglia di conduzione di 0,2 Volt.

ve per capire senza difficoltà il funzionamento di un rettificatore di precisione e i vantaggi che apporta rispetto a quelli di un semplice diodo. Lo schema ci ricorda un circuito inseguitore, ma fra l'uscita dell'amplificatore e il suo ingresso di retroazione viene interposto un diodo al silicio, con l'anodo collegato all'uscita dell'operazionale e il catodo rivolto all'uscita del circuito e alla connessione di retroazione. Quando all'entrata non c'è una tensione applicata, il diodo non conduce, non c'è tensione all'uscita e quindi nemmeno sull'ingresso invertente dell'amplificatore operazionale. Ricordiamo che il guadagno dell'amplificatore operazionale è elevatissimo, definibile intorno a 50.000 come minimo.

Quando la tensione d'ingresso passa da zero ad un valore positivo, anche molto piccolo, 1 mV oppure meno, avremo all'uscita dell'amplificatore una tensione sufficiente a far condurre il diodo e quindi ad innescare la retroazione verso l'ingresso. La soglia di conduzione viene solitamente trascurata, perché approssimativamente si divide 0,6 per 50.000: una tensione effettivamente piccolissima!

Questo circuito è molto preciso, ma conduce solamente per i cicli positivi del segnale d'ingresso che si trasferiscono all'uscita. I picchi negativi vengono bloccati dal diodo. È, quindi, un rettificatore a semionda.

Rettificatori di precisione

Esistono molti circuiti rettificatori di precisione, sia a semionda che a onda completa e si usano normalmente per la strumentazione di misura.

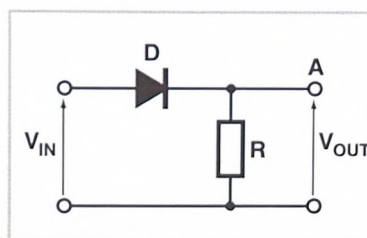
Dobbiamo però tenere conto che la misura delle tensioni efficaci con questo tipo di strumenti, è valida solamente per forme d'onda sinusoidali, diversamente dovremo applicare un coefficiente correttore. Se, per esempio, misurassimo un'onda quadrata, la lettura data dal multimetro andrà considerata come approssimativa.

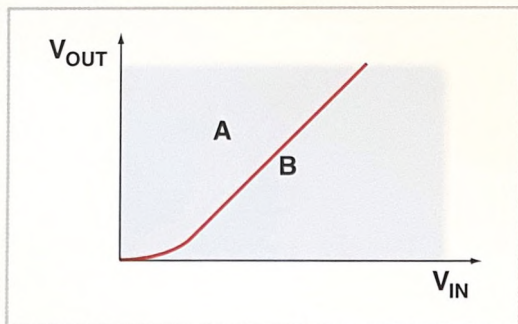
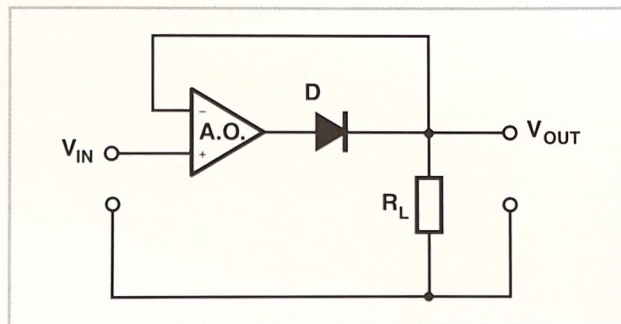
Rettificatori di precisione a semionda

Nell'illustrazione possiamo vedere che durante i semicicli negativi l'uscita diventa positiva, il diodo D2 conduce e la retroazione si produce mediante la resistenza R2. Il diodo D1 rimane inversamente polarizzato e all'uscita appaiono solamente i semicicli positivi.

Rettificatori di precisione a onda completa

Esistono molti circuiti, però ci concentreremo solamente su uno di essi per capire come funzionano. Questi circuiti hanno bisogno di essere alimentati simmetricamente. Per facilitarne lo studio utilizzeremo due schemi su cui viene indicato in un caso, il cammino seguito dalla semionda positiva e nell'altro caso, quello seguito dalla semionda negativa. Inizieremo con la semionda positiva.

Una semionda positiva giunge all'entrata del primo amplificatore operazionale che è configurato come invertente e che, quindi, eroga una se-

Rettificatore a un diodo: non è adatto alla rettificazione dei segnali deboli.

I rettificatori di precisione

La soglia di conduzione per i diodi rende difficile la rettificazione dei segnali deboli.

Rettificatore base con A.O.: consente di rettificare i segnali deboli.

mionda negativa al secondo amplificatore operazionale. Il segnale, però, entra in quest'ultimo attraverso il suo ingresso invertente e perciò torna ad essere invertito e all'uscita appare un'altra volta una semionda positiva.

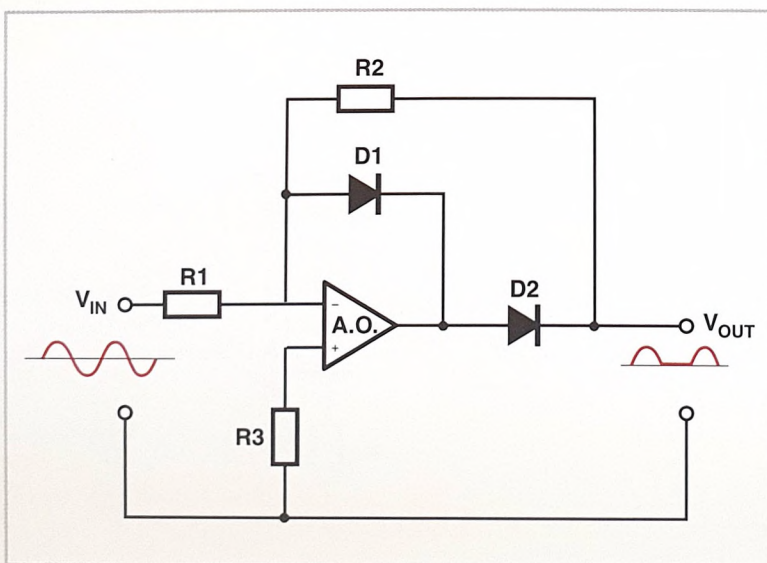
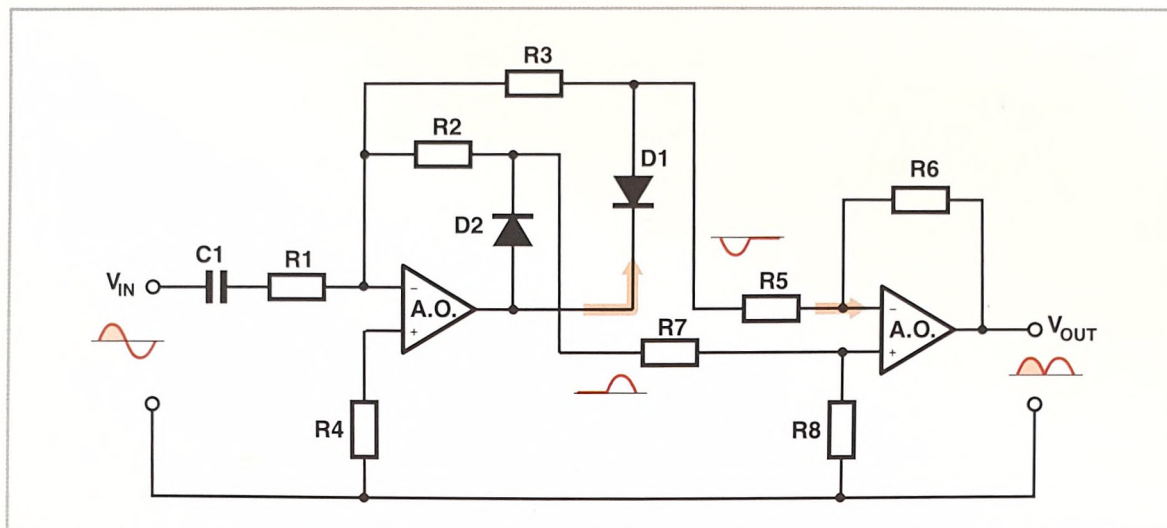
Vediamo pertanto che una semionda positiva nell'entrata origina all'uscita una semionda anch'essa positiva.

Prendiamo in considerazione lo stesso circuito: come è logico, dopo un semiciclo positivo ne arriva uno negativo e in questo caso conduce il diodo D2. Dato che il primo amplificatore è configurato come invertente, esso eroga alla propria uscita un semiciclo positivo che entra nel secondo operazionale – questa è la differenza – attraverso l'ingresso non invertente. Il semiciclo non risulta invertito e all'uscita appare un semiciclo positivo. I semicicli negativi all'ingresso diventano all'uscita semicicli positivi. Nell'insieme si ottiene una rettificazione completa dell'onda. In conclusione, per ottenere un valore efficace, dobbiamo ricordare che si devono misurare segnali periodici e perfettamente sinusoidali.

Rettificatore di precisione a semionda.

Calibrazione

Per ora ci concentriamo sull'aspetto della rettificazione. Questi circuiti rettificatori di precisione devono, appunto, essere precisi, se cioè, alla loro entrata si applica un segnale di 175 mV efficaci, all'uscita devono erogare 175 mV di continua. Si ottiene questo risultato scegliendo resistenze di valore adeguato per amplificare, o attenuare, sia il semiciclo positivo che quello negativo del segnale sinusoidale d'ingresso. Inoltre, dobbiamo selezionare gli altri componenti, sia quelli attivi – i circuiti integrati – che quelli passivi – resistenze e condensatori – in maniera tale che il circuito abbia nell'insieme la minor deriva possibile dovuta ai cambiamenti della temperatura ambientale.

Anche il tipo di circuito scelto influisce sulla stabilità termica; esso deve avere anche degli elementi di regolazione per la sua messa a punto durante la fase di calibrazione. Il costruttore indica nella tavola delle caratteristiche tecniche le temperature all'interno delle quali viene garantita la precisione del circuito stesso. La precisione delle misure in alternata, è sempre peggiore di quelle in continua perché lo strumento fun-

I rettificatori di precisione

Rettificatore di precisione a onda completa. Il semiciclo positivo è rappresentato in rosso.

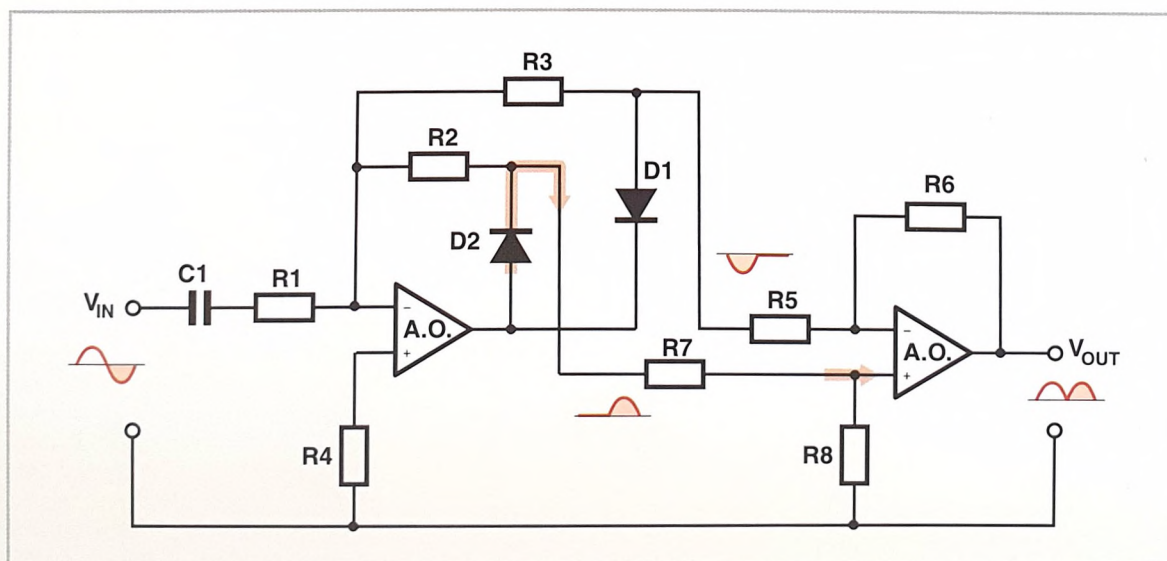
ziona in continua e alle imprecisioni di quest'ultima si aggiungono quelle del rettificatore.

La temperatura di utilizzo dei multimetri più economici va dagli 0 gradi centigradi (32F) ai 40 gradi centigradi (104F).

Frequenza

I rettificatori di precisione impiegati nei multimetri sono utilizzabili e misurano correttamente la tensione alternata all'interno di una banda di frequenze che deve esserci indicata dal costruttore dell'apparecchio.

La banda corrisponde, normalmente, alle frequenze basse; alcuni modelli funzionano solo tra i 40 e i 400 Hz, altri, invece, arrivano ai 20 kHz o addirittura ai 40kHz. Per essere certi con sicurezza che la lettura indicata dallo strumento sia corretta, si deve essere certi della modalità con cui stiamo effettuando la misurazione.

È assolutamente indispensabile leggere il foglio illustrativo concernente i dati e che viene sempre fornito dal costruttore insieme agli apparecchi di misura.

Rettificatore di precisione a onda completa. Viene rappresentata la rettificazione del ciclo negativo.

Conversione A/D D/A

A quasi tutto ciò che ha a che fare con l'elettronica si aggiunge l'appellativo "digitale", anche se grandezze o segnali sono analogici.

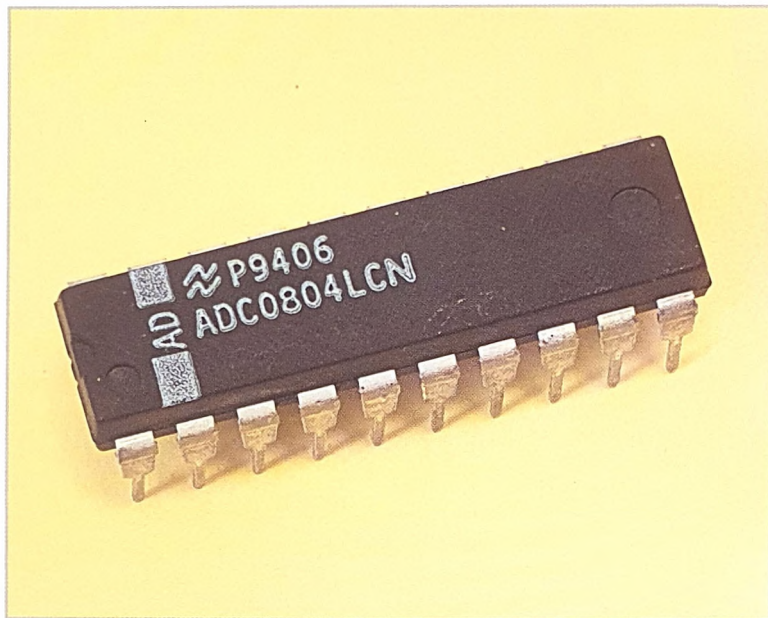
I segnali digitali sono tutti simili tra loro: sono composti da parole di maggiore o minore lunghezza. In effetti sono catene più o meno lunghe di bit e, semplificando molto, sono degli insiemi di 'uno' e 'zero' logici. Il fatto che tutti i segnali digitali abbiano, per così dire, lo stesso aspetto, consente di utilizzare per la loro trasmissione apparecchiature comuni. Un esempio, potrebbe essere la rete Internet: in realtà, nella rete circolano solamente dei dati digitali, qualunque sia il loro contenuto. Si possono trasmettere, per esempio, voci, immagini, testi eccetera.

Il CD è un sistema di immagazzinamento dei dati.

Segnali analogici

Quasi tutti i segnali che siamo abituati a maneggiare sono in realtà analogici. Prendiamo ad esempio il suono, una tipica grandezza analogica. È di moda il suono digitale, quello dei CD, ma quando ascoltiamo un Compact Disc non riscontriamo una grande differenza rispetto a una registrazione su nastro o ai suoni trasmessi da un televisore oppure da una radio: sono gli stessi suoni e sono analogici. Tanto per capire, analizziamo il suono registrato su di un CD. Innanzitutto, possiamo osservare un certo miglioramento della sua qualità rispetto a quello registrato su nastro; inoltre, esso non verrà deteriorato con l'uso, mentre questo è esattamente quello che succede con un nastro magnetico che si danneggia a poco a poco irrimediabilmente. Ciò è dovuto al fatto che nei CD i dati che contengono l'informazione del suono sono registrati digitalmente, sono inalterabili e non sono soggetti a guasti. Nei nastri, invece, a contenere l'informazione sono le particelle magnetiche. È possibile quindi, che oltre a distaccarsi dal nastro, quest'ultimo possa rovinarsi a causa dell'uso e del passare del tempo. A questo punto è facile dedurre che bisogna convertire il segnale elettrico contenente l'informazione del suono in un segnale digitale contenente la medesima informazione, lo possiamo fare mediante un convertitore analogico-digitale. Il segnale digitale può essere elaborato a seconda delle necessità ed essere inviato a distanza, registrato su un nastro DAT, su CD, trasmesso a

Il suono è una grandezza analogica ma viene immagazzinata ed elaborata digitalmente.

Conversione A/D D/A

Convertitore analogico digitale integrato.

un satellite eccetera. Quando vogliamo recuperare l'informazione audio, dobbiamo riformare il segnale in modo che sia il più possibile simile a quello originario: lo possiamo fare con un procedimento contrario, con un convertitore digitale-analogico.

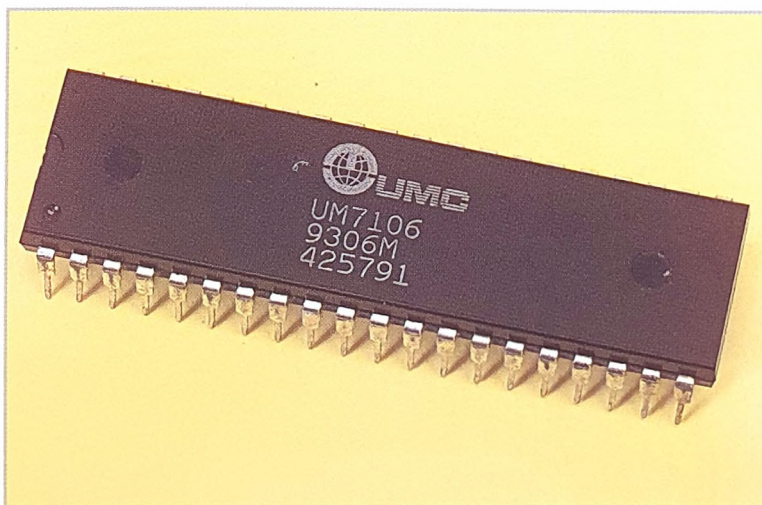
Condivisione di tecnologie

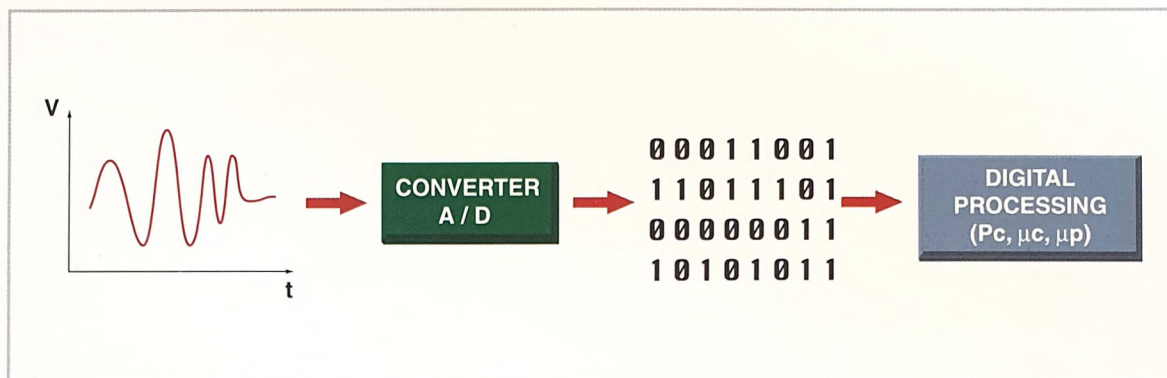
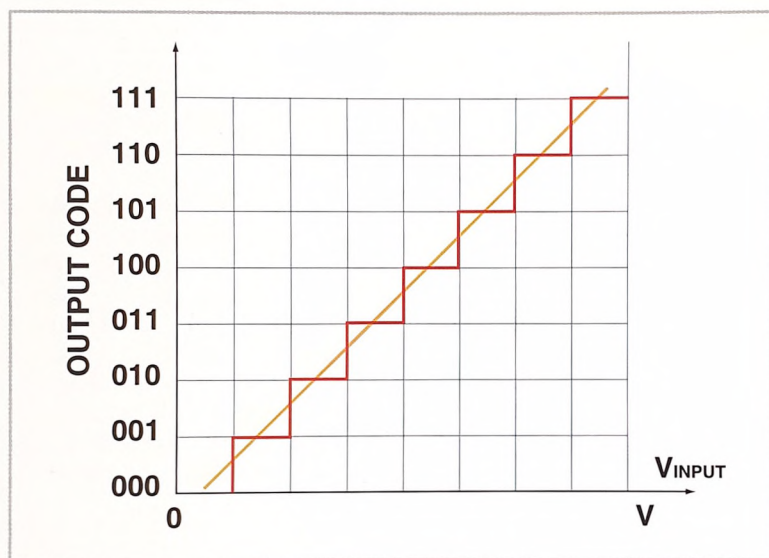
Se osserviamo un CD audio o un CD ROM utilizzato in un computer possiamo vedere che non c'è molta differenza, inoltre il CD audio si può ascoltare anche in un computer. Questo ci consente di vedere come si possano utilizzare percorsi digitali comuni per applicazioni diverse fra di loro. È un esempio semplice, ma quasi senza rendercene conto siamo entrati in un mondo in cui si maneggiano grandi quantità di informazioni digitali. Le compagnie che forniscono servizi di trasmissione trasportano dati; questi ultimi possono contenere le informazioni più diverse fra loro, canali televisivi, canali del suono, informazioni telefoniche contenenti informazioni audio riguardanti moltissimi abbonati che stanno parlando simultaneamente eccetera. Quando utilizziamo un telefono cellulare del tipo GSM la nostra voce è immediatamente digitalizzata: viene così elaborata e trasmessa fino a quando non arriva al telefono cui era destinata, nel quale viene recuperata come informazione analogica.

Conversione A/D D/A

La conversione di un segnale analogico in uno digitale viene effettuata con dei convertitori del tipo analogico-digitale e viene rappresentata come A/D; quella che avviene in senso contrario viene rappresentata come D/A. Esiste una notevole quantità di circuiti integrati che possono essere utilizzati per questo tipo di conversione applicando tecniche molto diverse. Ma prima di entrare in pieno nel mondo dei convertitori cerchiamo di capire come sia possibile effettuare una corrispondenza tra un segnale analogico e uno digitale.

Conversione

Supponiamo di avere un segnale analogico che dobbiamo digitalizzare e di essere in possesso di un convertitore digitale a tre bit. Inoltre, supponiamo

Circuito convertitore utilizzato per la costruzione dei multimetri.

Conversione A/D D/A

I segnali digitali sono, in pratica, parole formate da un insieme di bit che vengono trasmesse l'una dopo l'altra attraverso il sistema.

Con una parola di tre soli bit possiamo avere otto possibili combinazioni. Così, se vogliamo rappresentare una variabile, le possiamo attribuire solamente otto livelli.

All'inizio e alla fine del procedimento abbiamo dei segnali analogici; li dobbiamo convertire prima in segnali digitali e poi effettuare il procedimento opposto.

che il segnale analogico vari tra 0 e 5 Volt. Disponendo solamente di tre bit, abbiamo solamente otto possibilità di rappresentazione del segnale analogico; se assegniamo lo 000 agli 0 Volt e l'111 ai 5 Volt, rimangono solo sei valori intermedi. Il segnale può essere digitalizzato, ma quando lo recupereremo sapremo solamente in quale livello intermedio di tensione eravamo in origine, però non conosceremo la tensione esatta. Questo è un esempio semplicissimo: se aumentiamo il numero dei bit utilizzati per la conversione i livelli di tensione diventano sempre più piccoli e la rappresentazione del segnale è molto più definita, quindi il recupero del segnale può essere eseguito con notevole precisione. Con quattro bit possiamo avere una divisione in 16 livelli, con 5 in 32, con 6 in 64, con 7 in 128 e con 8 in 256 livelli che garantiscono già una notevole precisione. A seconda della precisione neces-

Conversione A/D D/A

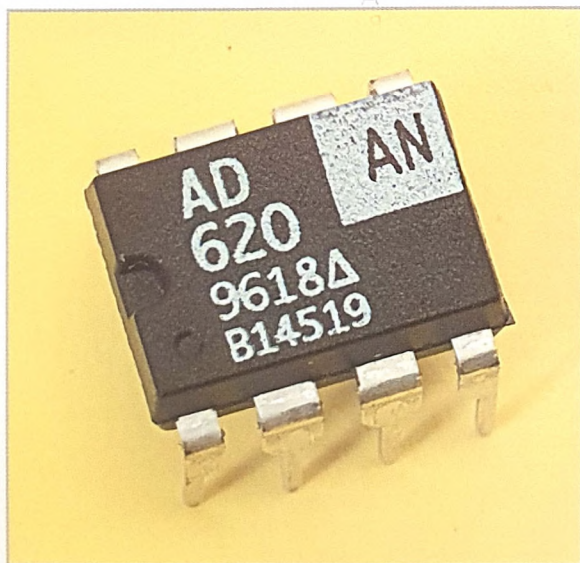
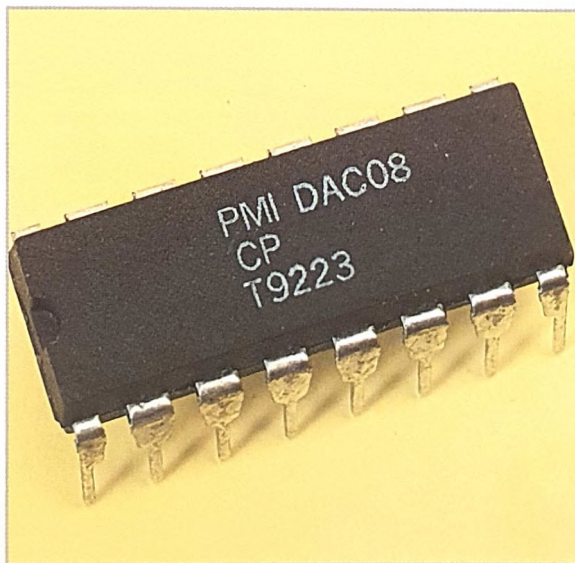
Se un segnale ha, al massimo, 5 Volt, possiamo classificare una parola di soli 3 bit su 8 livelli, con salti di 0,625 Volt.

D C B A	V
0 0 0 0	0 — 0,3125
0 0 0 1	0,3125 — 0,625
0 0 1 0	0,625 — 0,9375
0 0 1 1	0,9375 — 1,25
•	
•	
•	
1 0 1 1	3,4375 — 3,75
1 1 0 0	3,75 — 4,0625
1 1 0 1	4,0625 — 4,375
1 1 1 0	4,375 — 4,6175
1 1 1 1	4,6175 — 5

Con 4 bit raggiungiamo una maggiore precisione perché abbiamo a disposizione 16 livelli.

saria si sceglie il numero di bit da utilizzare per la conversione.

Velocità della conversione

La velocità della conversione è un parametro importantissimo; se si tratta, per esempio, di un segnale continuo, il tempo non è molto importante, ma per quanto riguarda i segnali alternati esso è fondamentale. In un telefono digitale, per esempio, la voce va campionata e convertita con precisione e velocità tali per cui tutti i suoni emessi siano poi ricostruiti con fedeltà all'altro capo della linea. L'utente deve avere la sensazione che la conversione avvenga quasi istantaneamente e la medesima sensazione la deve provare chi riceve la telefonata, malgrado le diverse direzioni seguite dal segnale da un utente all'altro. Il segnale può passare, e di fatto lo fa, attraverso diverse centrali telefoniche, satelliti, fibre ottiche eccetera.

Convertitore analogico-digitale AD620.

Convertitore digitale-analogico DAC08.

Circuiti per la conversione A/D D/A

Continuiamo a chiarire i concetti per capire meglio le conversioni tra il mondo analogico e quello digitale.

I convertitori analogico-digitali o digital-analogici, a seconda dell'applicazione cui sono destinati, possono essere diversissimi. Alcuni parametri li caratterizzano: conviene conoscerli.

La scheda audio è un componente comune nei computer ad uso domestico.

Risoluzione

La risoluzione di un convertitore analogico-digitale è data dal numero dei bit di uscita. Maggiore sarà il numero dei bit, maggiore sarà la risoluzione, e viceversa. Di conseguenza anche il segnale analogico viene recuperato garantendo risultati migliori.

Tempo di conversione

L'importanza di questo fattore dipende in notevole misura dall'applicazione di destinazione. Se, per esempio, si tratta di misurare una tensione costante con un multimetro digitale, possiamo utilizzare un convertitore abbastanza lento.

Nel caso in cui si debba digitalizzare una voce, si deve garantire una velocità di conversione, maggiore o uguale alla voce stessa perché si possa trasmettere. Il tempo di conversione viene solitamente espresso in millisecondi.

Tensione d'entrata

La tensione d'ingresso del circuito ha un livello massimo indicato dal costruttore del convertitore. Di norma, non costituisce un problema perché il segnale d'ingresso può essere amplificato, o attenuato, cosicché la massima tensione raggiungibile corrisponda alla massima tensione ammissibile all'ingresso del convertitore.

La tensione d'ingresso analogica può essere unipolare, variabile cioè tra 0 e 5 Volt, oppure bipolare, variabile cioè tra -5 e +5 Volt.

Entrate e uscite analogiche di una scheda audio.

Uscita digitale

L'uscita di un convertitore può erogare i dati in serie oppure in parallelo (a seconda del modello di convertitore), inoltre si deve tenere presente che la tecnologia utilizzata può essere TTL, CMOS e che le tensioni, di conseguenza, possono essere diverse, al punto da richiedere un adattamento dei livelli.

Nella tecnologia TTL, per esempio, il livello basso è a 0 Volt, mentre quello alto è a 5 Volt; nella tecnologia CMOS, il livello alto può arrivare sino a 12 Volt.

Circuiti per la conversione A/D D/A

A) Livelli di tensione di un convertitore a 3 bits. B) Il segnale analogico e i livelli che gli corrispondono. C) Dati digitali corrispondenti al segnale analogico anteriore. D) Segnale analogico recuperato; si può migliorare applicandogli un filtro passo basso, il segnale differisce troppo dall'originale per utilizzare un convertitore a soli 3 bits.

Altri dettagli

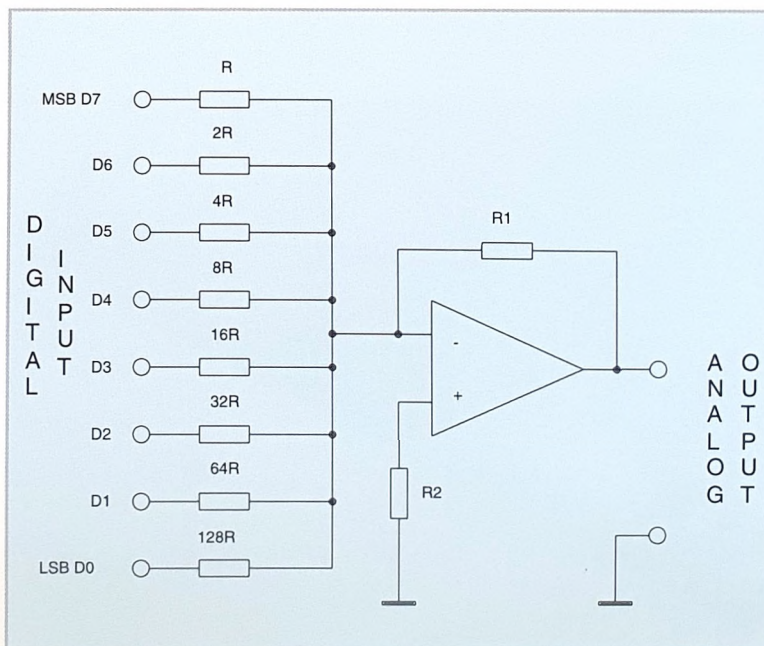
Se leggiamo le osservazioni accluse ad un convertitore analogico-digitale, vedremo che in quasi tutti è presente una tensione di riferimento molto stabile.

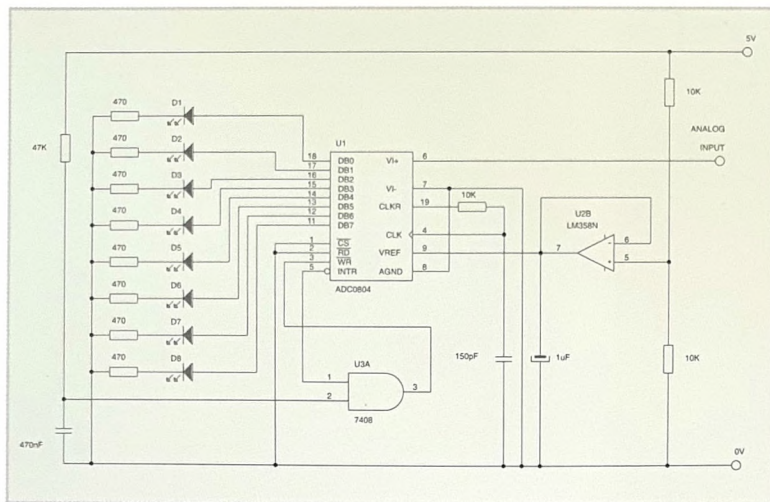
Ci sono, di solito, anche dei componenti che hanno l'indicazione del livello minimo di conversione, underflow, cioè si attiva quando il segnale in ingresso è inferiore al valore di riferimento minimo e l'indicazione di overflow che indica quando il segnale in ingresso supera il livello massimo di riferimento.

Inoltre, la caratteristica di questi circuiti è avere due ingressi di alimentazione, una per la parte analogica e l'altra per quella digitale. Dispongono, poi, di un clock interno o di connessione con un altro clock esterno.

Segnali variabili

Quando un segnale è continuo, è facile effettuarne la conversione in segnale digitale, ma quando cambia col passare del tempo – pensiamo come esempio ad una registrazione vocale – si deve trovare un metodo pratico per convertirlo. Si prende la misura della tensione in alcuni determinati istanti – volgarmente si dice che si "congela" il segnale – si effettua la misurazione e, passato un tempo prestabilito, si torna a misurare e così via.

Si deve mantenere fisso il livello della tensione per tutto il tempo di conversione, anche se questo fosse piccolissimo. In

Convertitore digital-analogico a otto bit: utilizza la tecnica delle resistenze ponderate.

Circuiti per la conversione A/D D/A

Convertitore analogico-digitale sperimentale: utilizza il circuito integrato ADC0804. Il codice digitale viene visualizzato nei LED.

ogni unità di tempo si prende un determinato numero di campionature.

Serviranno tante più campionature quanto più alta è la frequenza del segnale da misurare. I circuiti che si utilizzano per eseguire queste campionature si chiamano "circuiti di campionamento e ritenzione", in inglese "Sample and Hold".

Ciò significa che il segnale in un determinato istante può assumere un qualunque valore tra 0 e 5 Volt. Quando utilizziamo un convertitore, disponiamo di un numero finito di livelli per classificare il segnale: se utilizziamo un convertitore da 3 bit, avremo 8 livelli; da 4 bit avremo16 livelli; da 5, 32 livelli; da 6, 64 livelli; da 7, 128 livelli e da 8, 256 livelli. Più alto sarà il numero dei bit del convertitore, più numerosi saranno i livelli e il segnale recuperato sarà sempre più somigliante al segnale analogico.

Quanti più livelli disponiamo, tanto minore sarà l'errore di conversione. Supponiamo ad esempio, che il segnale nell'istante in cui viene misurato abbia una tensione di 1,2 Volt. Lo convertiremo in segnale digitale e poi lo recupereremo come segnale analogico. Analizziamo gli eventuali errori che potremmo commettere utilizzando convertitori rispettivamente da 3, 4, 5 e 6 bit.

I calcoli che seguono sono eseguiti ponendo come valore massimo della tensione 5V e assumendo di tenere il valore approssimato per difetto (il valore inferiore più vicino) durante la conversione A/D. Osserviamo il grafico in cui viene rappresentato un piccolo pezzo degli scalini di tensione di questi convertitori.

Con il convertitore da 3 bit, lo rappresentiamo con lo 001, che corrisponde a 0,625 Volt;

Segnale variabile come si recupera utilizzando un convertitore da tre bit.

Compact Disc. Immagazzina digitalmente i segnali audio.

Precisione

Regoliamo l'entrata del segnale analogico per far sì che il suo massimo livello sia di 5 Volt.

Circuiti per la conversione A/D D/A

Simbolo di un CD audio.

Simbolo di un CD utilizzato per immagazzinare dati.

con quello a 4 bit, lo rappresentiamo con lo 0011, che corrisponde a 0.938 Volt; con il convertitore a 5 bit, si rappresenta con lo 00111, che corrisponde a 1,093 Volt e con quello da 6 bit, lo rappresentiamo con lo 001111 che corrisponde a 1,171 Volt.

Quando si recupera il segnale, si ottengono questi valori, per cui l'errore commesso sarà di 0,575 Volt nel caso del convertitore da 3 bit, di 0,262 Volt nel caso di quello da 4 bit, di 0,107 Volt per quello da 5 bit e di 0,029 Volt per quello da 6 bit.

L'errore può essere maggiore, o minore, a seconda del livello in cui è situato il segnale analogico da convertire. Più bit si utilizzano, minore sarà l'errore commesso.

Rappresentazione dei primi livelli di tensione per convertitori da 3, 4, 5 e 6 bit. L'entrata del segnale analogico viene sempre regolata in maniera tale che il suo livello massimo sia di 5 Volt.

Nastro DAT per immagazzinare dati a 4GB.

Circuiti regolatori della tensione

Molti circuiti elettronici hanno bisogno di una tensione di alimentazione continua che si mantenga all'interno di un margine molto ristretto.

Una fonte di alimentazione semplice, pur risultando utilissima, presenta alcune limitazioni che non rendono possibile impiegarla per determinate applicazioni. Alcuni circuiti non sopportano i seguenti problemi: filtraggio insufficiente, variazioni della tensione della fonte di alimentazione al variare del carico e il rischio di danneggiamento per protezione difettosa. Tutti questi problemi si possono risolvere grazie agli stabilizzatori di tensione, che possono essere progettati con componenti discreti oppure con circuiti integrati. Ne esistono molti tipi adatti allo scopo.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

Features

- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

Metal Can Package TO-3 (K) Aluminum

Per avere il massimo rendimento dai circuiti integrati regolatori, conviene conoscerne molto bene le caratteristiche.

Filtraggio insufficiente

Quando il filtraggio è insufficiente si producono dei disturbi nel funzionamento dell'apparecchio alimentato, per esempio in un amplificatore audio, il disturbo si traduce solitamente in un ronzio di 50 o 100 Hz che si sente negli altoparlanti mischiato al suono originario. In un televisore, oltre al ronzio si potranno osservare alcune ondulazioni che fanno spostare in senso verticale l'immagine presente sullo schermo.

Teoricamente, si può ovviare a questo problema aumentando la capacità del condensatore di filtro sino al valore necessario; ma le sue dimensioni aumenterebbero considerevolmente, e si potrebbe arrivare ad avere bisogno di capacità i cui valori non sono disponibili sul mercato.

Il circuito regolatore può eliminare quella parte dell'ondulazione che il filtro non riesce ad annullare, comunque in qualsiasi caso il filtro è sempre necessario.

Piccolo regolatore tipo 78L05. Tensione di uscita di 5 Volt.

Regolazione con il carico

Quando la fonte di alimentazione non è stabilizzata, la tensione misurata alla sua uscita varia con le variazioni del carico. Lo possiamo verificare collegando all'alimentatore di un amplificatore audio un multimetro.

Alcune apparecchiature non sopportano la piccola variazione che lo strumento induce e questo può influenzare moltissimo il loro funzionamento.

Variazioni all'ingresso

Esistono anche delle oscillazioni nella tensione d'ingresso che si trasmettono attraverso il trasformatore; queste sono dovute alle variazioni nella tensione

Circuiti regolatori della tensione

La tensione che non arriva alla carica cade nel regolatore Vreg.

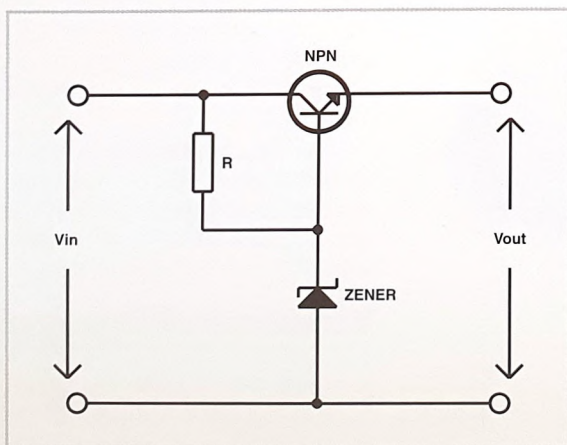
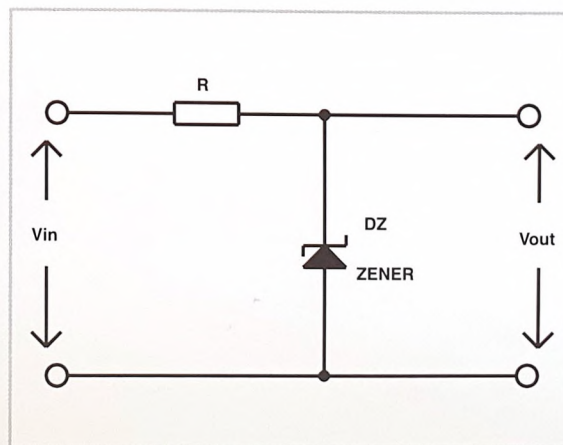
della rete e possono verificarsi per diversi motivi. Sia questi problemi che i precedenti possono essere risolti utilizzando i circuiti stabilizzatori, che mantengono la tensione dell'uscita e fanno sì che abbia variazioni piccolissime; la rendono praticamente costante e indipendente dalle oscillazioni della tensione d'ingresso e dalle variazioni della corrente sul carico, all'interno di ragionevoli margini. Lo stabilizzatore va sempre collocato tra il filtro e il circuito da alimentare; inoltre è necessario prevedere che, anche nel momento di massimo assorbimento, la tensione in ingresso allo stabilizzatore si mantenga ad un valore sufficiente. Infine, conviene ricordare che la stabilizzazione si produce a costo di una caduta di tensione, il che provoca un assorbimento di potenza con la conseguente dissipazione di calore, funzione della caduta di tensione e della corrente assorbita dal carico.

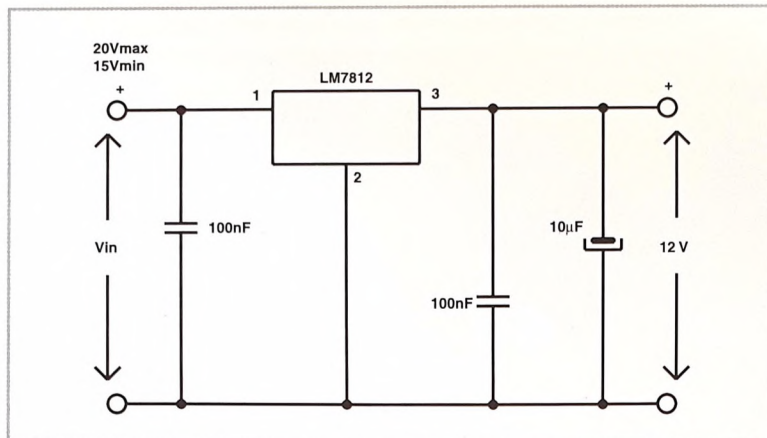
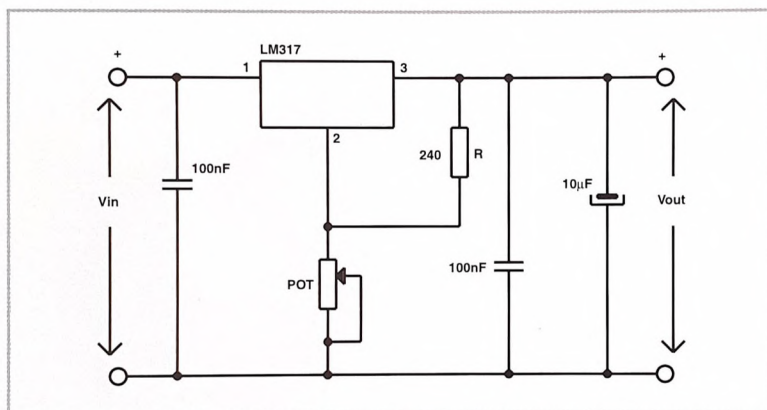
Tipi di regolatori

Ci sono due sistemi stabilizzatori della tensione il cui nome dipende dalla loro configurazione nel circuito: si può chiamare regolatore parallelo, quando è collegato in parallelo alla carica, e regolatore in serie quando è collegato in serie con la carica.

Regolatori in parallelo

In questo sistema, l'elemento stabilizzatore è in parallelo alla carica e la sua modalità di lavoro consiste nell'assorbire una notevole quantità di corrente nei momenti in cui la corrente non viene consumata dal carico e assorbendone solo una piccola parte quando il carico raggiunge il limite massimo. In questo modo la corrente erogata dal filtro è praticamente costante, di conseguenza, lo è anche la tensione di uscita. Nel caso si verificassero delle variazioni nella rete lo stabilizzatore reagirà, variando il suo assorbimento di corrente, e di conseguenza anche di quella che attraversa il filtro. Ciò provocherà una variazione della tensione contraria a quella partita in ingresso, compensando l'effetto finale.

Il circuito più semplice per costruire regolatori in parallelo è il diodo zener; se polarizzato al di sopra della sua tensione nominale, è capace di mantenere tra i suoi terminali

Quando non si ha bisogno di una regolazione molto precisa, questo regolatore in serie, pur essendo semplicissimo, è efficace.

Il regolatore in parallelo più semplice si costruisce con una resistenza e un diodo zener.

Circuiti regolatori della tensione

Regolatore integrato con corrente massima di 1 A e con un minimo numero di componenti.

Regolatore della tensione, con tensione di uscita regolabile.

una tensione costante, indipendentemente dalla corrente che lo attraversa. Nel circuito parallelo con diodo zener, la resistenza R ha il compito di assorbire la differenza di tensione esistente tra l'uscita del filtro e la tensione dello zener. Con dei transistor, si possono costruire anche dei regolatori in parallelo più complessi, ma questo tipo di stabilizzatori, nella pratica non è molto utilizzato a causa del loro basso rendimento.

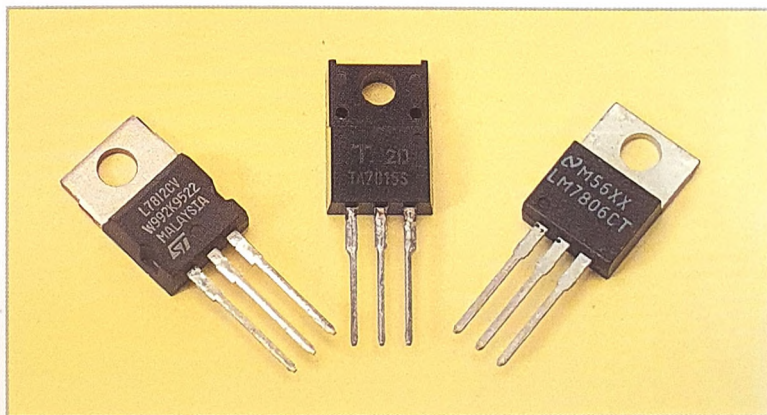
Stabilizzatore in serie

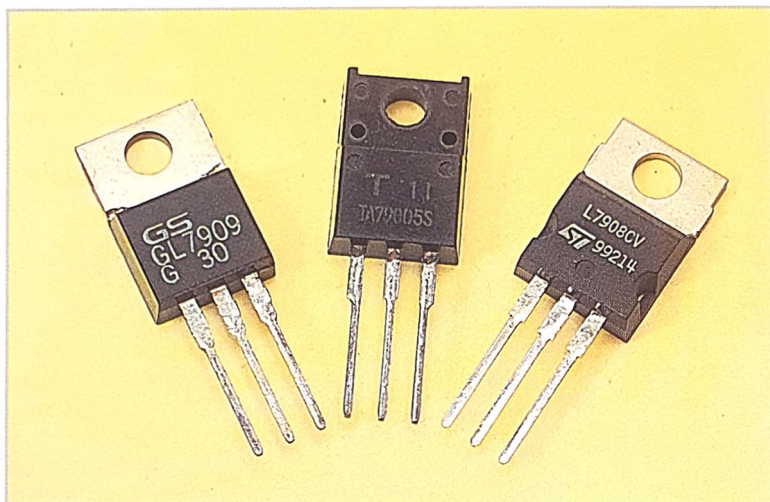
Questo tipo di regolatore è molto utilizzato e agisce direttamente sulle variazioni di tensione, assorbendo le fluttuazioni per ottenere alla sua uscita una tensione stabilizzata. Il circuito più semplice consiste in un transistor con un diodo zener alla sua base che lo costringe a erogare una tensione costante sul carico d'uscita.

Dissipazione massima

Quando si utilizza un circuito regolatore si deve sempre ricordare che la massima dissipazione di calore che l'integrato può sopportare, include anche il contributo di un dissipatore. La prima cosa di cui si deve tenere conto è che la tensione di uscita sommata a quella che cade nel regolatore è uguale alla tensione d'ingresso; la seconda cosa, invece, è che la corrente che attraversa la carica è quasi la stessa che passa attraverso il regolatore.

Supponiamo di avere un circuito che consumi 800 mA alimentato a 12 Volt: abbiamo un sistema di alimentazione non stabilizzato che eroga alla sua uscita una tensione filtrata continua e non stabilizzata la quale può arrivare a 20 Volt.

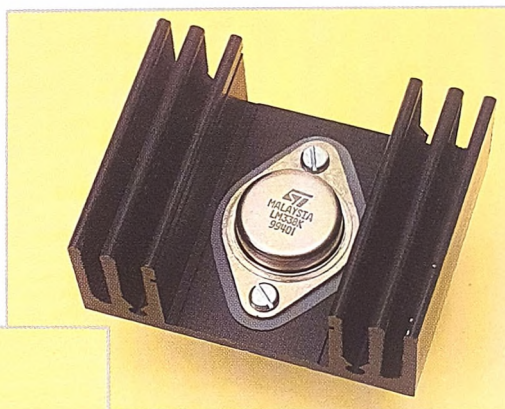
Disponiamo di un regolatore in serie la cui massima corrente è di 1 Ampère e che ammette al suo ingresso una ten-

Regolatori della tensione positiva appartenenti alla famiglia 78XX.

Circuiti regolatori della tensione

Regolatori della tensione negativa appartenenti alla famiglia 79XX.

sione massima di 35 Volt. Con questi dati, il regolatore sembra perfetto, ma ci manca ancora un dato: è necessario sapere quanto calore può dissipare.

Dai dati forniti dal costruttore verifichiamo che un buon radiatore può dissipare 15 Watt. La caduta di tensione nel regolatore è di 20 - 12 = 8 Volt e la corrente è di 0,9 Ampère, per cui la potenza che il regolatore deve dissipare sarà di 8 x 0,9 = 7,2 Watt, al di sotto dei 15 Watt, il che ci dimostra che il regolatore è adeguato a questa applicazione.

Regolatori integrati

I regolatori lineari integrati sono comodissimi da utilizzare e hanno bisogno di pochissimi componenti esterni. I regolatori integrati a tensione positiva più popolari che erogano una corrente massima di 1 Ampère appartengono alla famiglia 78 e vengono forniti regolati su alcuni valori fissi per quanto riguarda la tensione d'uscita; essi sono, per esempio, il 7805, 7808, 7812, 7815 e 7818,

Quando la potenza da dissipare è molto elevata, si ricorre all'utilizzo dei dissipatori.

con tensioni di uscita rispettivamente di 5, 8, 12, 15 e 18 Volt.

Molti dei regolatori integrati dispongono di protezione contro i sovraccarichi, così da diminuire automaticamente la tensione di uscita quando l'assorbimento oltrepassa la soglia definita.

Esistono anche dei circuiti regolatori integrati la cui tensione di uscita può essere fissata mediante dei componenti esterni: normalmente un potenziometro oppure un paio di resistenze.

Regolatori del tipo 317 con contenitori diversi.

Misurazione delle tensioni alternate

I multimetri, selezionando la scala adeguata, possono venire utilizzati per la misurazione delle tensioni alternate.

La misurazione delle tensioni alternate, apparentemente è molto facile; invece, prima di prendere per valida la lettura dello strumento con cui abbiamo effettuato la misurazione, dobbiamo tener conto di svariati fattori.

I multimetri dispongono di alcune scale per la misura delle tensioni alternate.

Il manuale

Prima di usare un multimetro – definizione che comprende qualsiasi apparecchio di misura – se ne devono conoscere bene le caratteristiche.

Tutti i costruttori forniscono, unitamente all'apparecchiatura, un manuale per l'uso o, almeno, una tavola in cui sono stati riportati i dati più importanti, che possono cambiare molto da un multimetro all'altro. Questi devono sempre essere letti, non si deve commettere l'errore di pensare che tutti gli apparecchi siano uguali. Innanzitutto, dobbiamo assicurarci che l'apparecchiatura sia calibrata. Per le apparecchiature più economiche potrebbero sorgere dei problemi, ma potremo verificare comunque la misurazione con un altro apparecchio oppure con più apparecchi. Se danno tutti la medesima lettura, la considereremo buona, sempre che non si tratti di misure per le quali ci sia bisogno di una notevole precisione. La precisione, infatti, è un altro fattore molto importante: un multimetro digitale potrebbe fornire una lettura con molte cifre decimali, ma con un notevole errore di misura. Per i nostri scopi basterà il primo decimale, gli altri non servono e non vale la pena di considerarli.

Prima di effettuare la misura, si deve selezionare la scala e ci si deve assicurare che sia quella delle tensioni alternate.

La frequenza

Quando si misurano i segnali alternati, l'apparecchio misura valori efficaci, ma lo fa solamente se l'onda è periodica e sinusoidale. Se l'onda è quadrata il multimetro fornirà una lettura che potremo usare solamente come paragone. Nel manuale si deve leggere attentamente – è importantissimo – la banda di frequenze per la quale viene garantita la precisione. Nel modello mostrato nelle fotografie questa banda va da 40 a 400 Hz. Esistono, ovviamente, altri apparecchi che possono misurare tensioni a frequenze più elevate.

Dobbiamo essere molto sicuri della frequenza del segnale che vogliamo misurare, perché se lo utilizzassimo per misurare una tensione al di fuori della suddetta banda, probabilmente l'apparecchio darebbe comunque una lettura, ma la potremo usare solamente per delle misurazioni comparative. Lo stesso costruttore ci

Misurazione delle tensioni alternate

avverte che l'apparecchio non è stato previsto per funzionare al di fuori di questi margini di frequenza.

Scale

Nei multimetri digitali le scale sono le stesse che per le tensioni continue; iniziano da 200mV, 2V, 20V, 200V e l'ultima, che teoricamente misura fino a 2000V, viene tagliata a 750 Volt. Questo viene fatto soprattutto per due motivi: primo per garantire la sicurezza personale, infatti per le tensioni elevate si esigono protezioni maggiori, tra cui anche quelle per i puntali di verifica che devono avere un isolamento adeguato; secondo perché molti componenti utilizzati nell'attenuatore d'ingresso non sarebbero adatti per lavorare con queste tensioni. Se dobbiamo misurare tensioni più elevate, esistono apparecchi progettati appositamente e con un funzionamento simile.

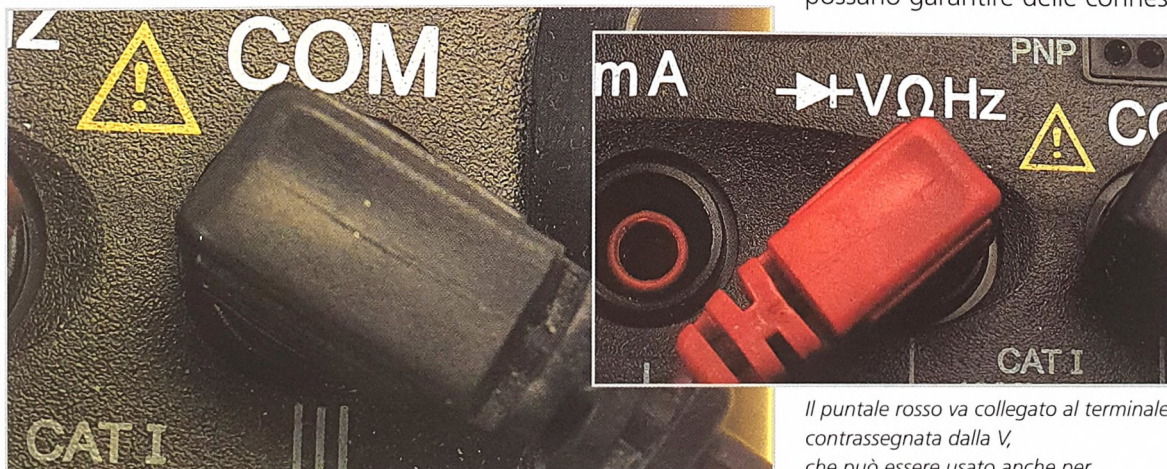
Alcune versioni economiche di multimetri, possiedono dei rettificatori a diodi semplicissimi: è possibile che abbiano solamente scale da 200V e 750V, per le tensioni inferiori a 5V danno un errore di misura considerevole; basti ricordare che un diodo al silicio inizia a condurre solamente da 0,6 Volt.

Effettuare alcune connessioni utilizzando una pinzetta risulta utilissimo: così abbiamo una mano libera.

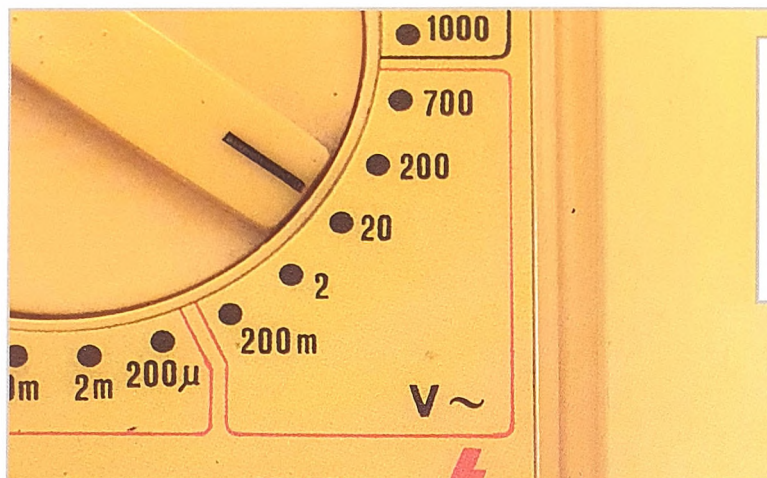
Puntali di misurazione

Teoricamente, l'ordine di inserimento dei puntali di misurazione non ha importanza, ma per evitare di commettere errori quando si devono effettuare altre misurazioni, consigliamo di inserirli ciascuno al suo posto. Il puntale nero, va collegato al connettore comune, quasi sempre contrassegnato come COM, mentre l'altro al terminale V, che spesso è in comune con quello che si usa per misurare correnti e resistenze.

La misurazione

Prima di iniziare a misurare, dovremo portare a termine alcune verifiche. Verificare che, nei limiti del possibile, l'apparecchio sia calibrato e le pile siano in buono stato; quasi tutti gli apparecchi hanno sul display un indicatore di pila scarica (LoBat). Anche i puntali di misurazione devono essere in buono stato, così che possano garantire delle connes-

Il puntale nero si collega al comune, contrassegnato solitamente come COM.

Il puntale rosso va collegato al terminale contrassegnata dalla V, che può essere usato anche per effettuare altre misurazioni.

Misurazione delle tensioni alternate

Dettaglio del selettore di un multimetro impostato sulla scala di misurazione della tensione alternata.

B-2 Alternating Current Voltage (AC Voltage)

Range	Resolution	Accuracy				
		UT51	UT52	UT53	UT54	UT55
200mV	100 µ V	± (1.2% rdg + 3 digits)			--	--
2V	1mV	± (0.8% rdg + 3 digits)				
20V	10mV					
200V	100mV					
750V	1V	± (1.2% rdg + 3 digits)				

⚠ ***Input impedance:*** All ranges are 10M Ω

Frequency: 40Hz-400Hz

Overload protection: 200mV is 250VDC or AC RMS. All other ranges is 750Vrms or 1000Vp-p

Display: Average Value (RMS of Sine Wave)

Prima di utilizzare un multimetro si deve leggere il suo manuale di istruzioni.

sioni sicure. Attenzione ai puntali a pinzetta, quando vengono utilizzati questi devono esercitare una pressione sufficiente, infatti se si allentassero, oltre a impedire la misurazione, potrebbero provocare un cortocircuito nell'apparecchiatura. Dovremo poi assicurarci che dalla parte posteriore della pinza non resti una parte del conduttore scoperta, perché potremmo riceverne una forte scarica. Infine, prima di fare il collegamento, dovremo scegliere la portata, assicurandoci che sia adatta alla tensione alternata in caso di dubbio, inizieremo dalla più alta, quella da 750 Volt. Il simbolo che viene normalmente utilizzato è una V maiuscola seguita da un trattino ondulato disposto orizzontalmente (V~). Se per errore predisponessimo lo strumento per misurare la corrente, questo potrebbe distruggersi, perché provocheremmo un cortocircuito. Anche se alcuni strumenti sono protetti da un fusibile, non tutte le scale sono protette. La misura della tensione alternata si realizza collegando i puntali nei punti entro i quali vogliamo misurare la tensione.

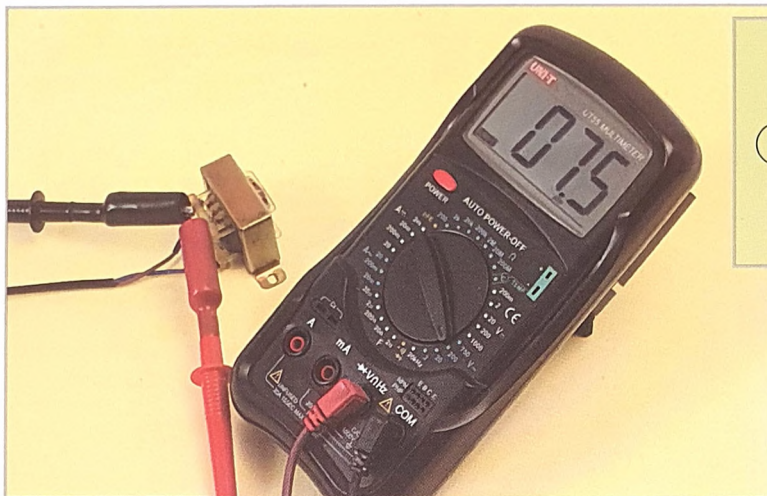
Scelta della scala

In caso di dubbio, dobbiamo iniziare dalla scala più alta, per poi scendere e, se possibile, utilizzare la scala più bassa, così da raggiungere una maggior precisione. Nelle fotografie possiamo vedere le letture ottenute misurando la medesima tensione, di circa 7,47 Volt, con lo stesso multimetro, ma con tre diverse scale.

Tensione della rete

Prima di misurare la tensione della rete, raccomandiamo di far pratica con delle tensioni inferiori, come, per esempio, la tensione di uscita di un trasformatore, o di un generatore sinusoidale, fra i molti con i quali abbiamo portato a termine degli esperimenti. Se voleste però, misurare la tensione della rete, raccomandiamo di prendere le

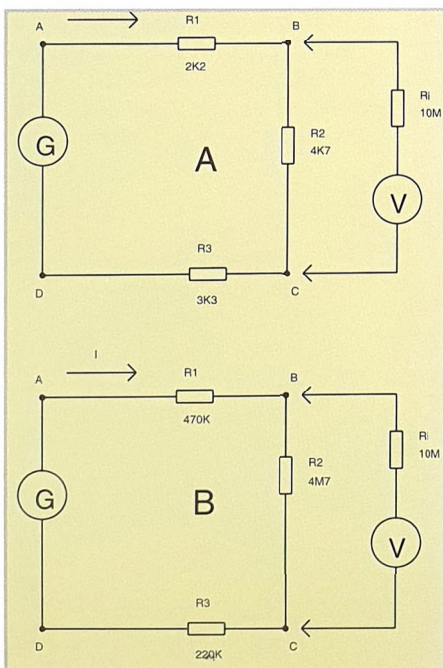
Misurazione di una tensione sulla scala più adeguata, quella da 20V.

Misurazione delle tensioni alternate

La stessa tensione misura nella scala da 200 V.

Il voltmetro è rappresentato dalla lettera V e si collega direttamente tra i due punti da misurare.

dovute precauzioni. I bambini non dovranno mai effettuare questa misurazione. Ci dovremo mettere in una zona asciutta, sistemare il multimetro a terra, se il pavimento è asciutto, e non toccare mai con le mani lo strumento. La scala deve essere quella di 750V. Prima di collegare un puntale di prova a uno dei morsetti della presa, dobbiamo ricordarci che, una volta collegato il primo, anche l'altro puntale sarà sotto tensione a causa del misuratore e dobbiamo stare molto attenti a non toccarlo con le dita. Non aspettiamoci di leggere la misurazione esatta di 110V, 125V o 220V, a seconda della nazione, perché delle piccole variazioni di tensione sono ammesse, sia al di sopra che al di sotto del valore nominale. Per reti da 220 Volt, ad esempio, è normale leggere 227V o 215V.

Resistenza interna

Se il circuito che si vuole misurare ha una resistenza interna molto alta, potrebbe essere influenzato dalla resistenza interna dello strumento, che per gli apparecchi digitali è solitamente di 10M. Se si utilizza un multimetro analogico, per alcune misure, potrebbero nascere dei problemi.

La connessione di un voltmetro può influenzare il funzionamento del circuito a causa della resistenza interna dello strumento stesso.

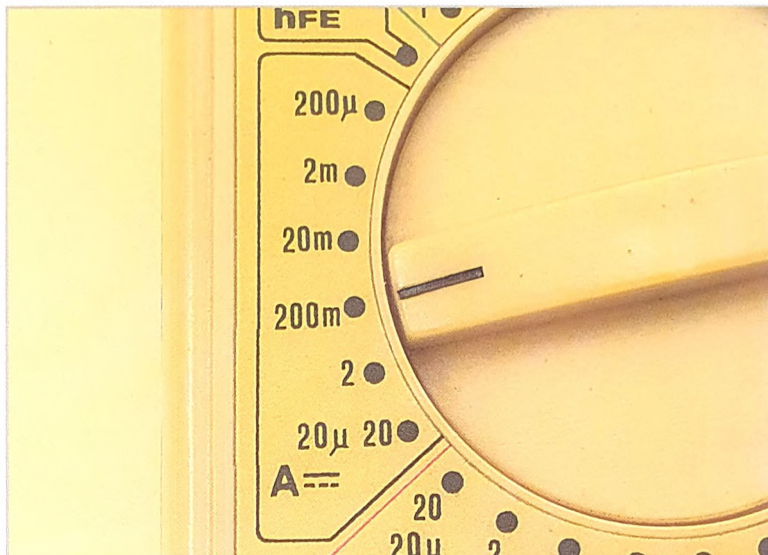
Sempre la stessa tensione, ma misurata sulla scala da 750V.

Misurazione delle correnti continue

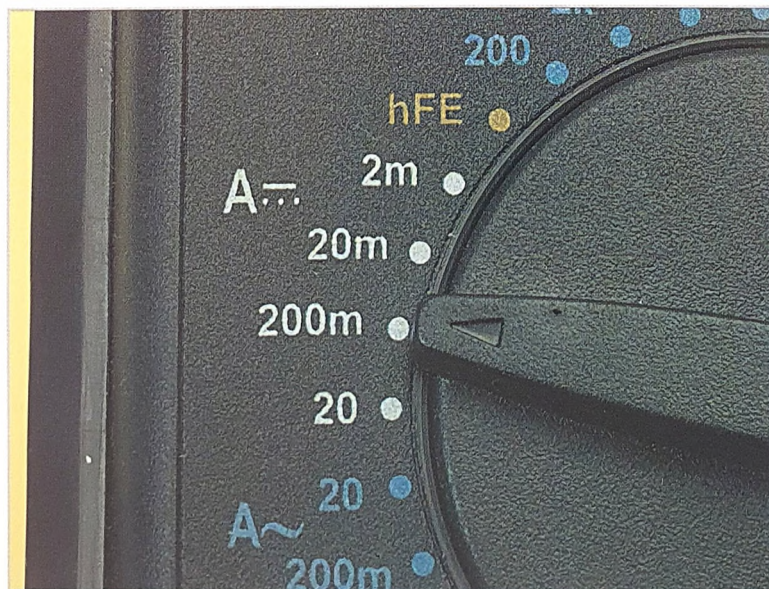
I multimetri possono misurare la corrente alternata, ma per la misurazione va adottato il metodo adeguato.

Prima di misurare la corrente continua, si deve sapere che metodo adottare: non dobbiamo mai utilizzare nessuno strumento se non ne conosciamo il funzionamento. Non seguire questo avvertimento può causare la distruzione dell'apparecchio di misura, un guasto, oppure nel migliore dei casi, dei risultati inservibili, perché non sappiamo se siano giusti oppure no.

Le scale

Le scale che misurano le correnti continue variano da un multimetro all'altro: dovremo quindi fare molta attenzione al pannello frontale dell'apparecchiatura che stiamo per usare e, in caso di dubbio, consultare il manuale. Dovremo sempre leggere le istruzioni per l'uso, sia per conoscere quale sia la precisione garantita dello strumento sia per sapere quale sarà il margine d'errore nelle misurazioni. Le scale sono diversissime e, inoltre, la portata più alta della corrente utilizza in genere un connettore del positivo diverso. In alcuni modelli, le portate più basse della corrente sono solitamente protette da un fusibile; mentre per quelle più alte questo non è possibile, perché la resistenza del fusibile renderebbe difficile la misurazione.

Per effettuare delle misure con la corrente continua, si deve prima selezionare la scala corrispondente a questo tipo di misurazione.

In seguito, indicheremo alcune sequenze di portata, prese da multimetri reali di tipo economico: 200 μA, 2 mA, 20 mA, 200 mA e, cambiando la connessione del puntale di misurazione del positivo, che è rosso, una portata aggiuntiva di 10 A. Nell'altro esempio, troveremo 200 μA, 2 mA, 20 mA, 200 mA, 2 A e un'altra portata da 20 A. Nell'ultimo esempio la scala sarà: 2 mA, 20 mA, 200 mA e una portata addizionale di 20 A.

La portata aggiuntiva non è mai protetta da un fusibile e molte volte il tempo di misurazione è limitato, perché la resistenza interna sulla quale viene presa la misura tende a scaldarsi e oltre ai vari problemi che potrebbe generare, può variare il suo valore, falsando la misura. Queste resistenze hanno valori solitamente molto bassi, pertanto, paragonabili alla resistenza dello stesso fusibile.

La sequenza delle portate della scala per la misurazione della corrente continua cambia da un multimetro all'altro.

Misurazione delle correnti continue

Simbolo

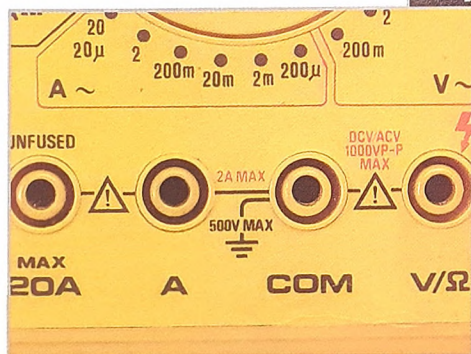
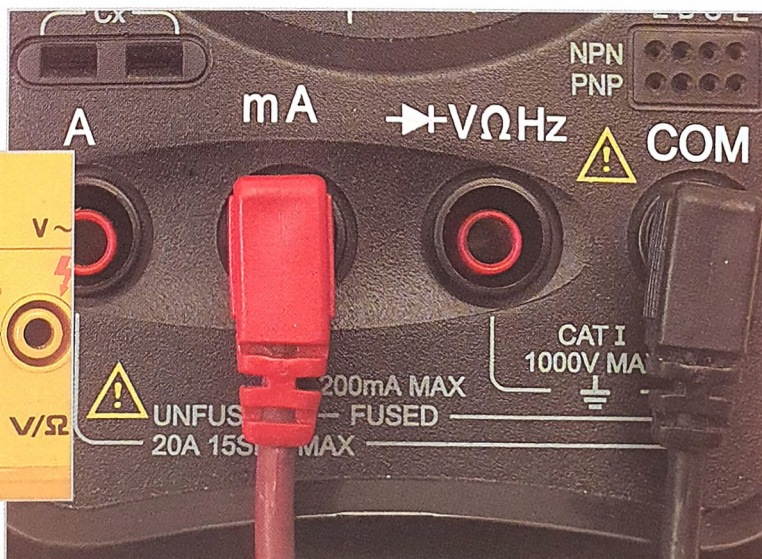
Il simbolo di un amperometro è un cerchio con una A maiuscola nel centro, ma si usano anche μA e mA. Nei multimetri le scale di misurazione della corrente continua sono segnate con la lettera A seguita da due lineette orizzontali parallele, di cui una continua e l'altra tratteggiata. Esistono anche degli strumenti di misura che hanno la scala fissa; sul loro pannello frontale è indicata una A (A, o mA) e il valore di fondo-scala è scritto a fianco.

Bisogna osservare attentamente la zona delle connessioni dei puntali di misura; in questo caso, le scale basse, fino a 200 mA, sono protette da un fusibile.

La connessione

L'amperometro per la corrente continua viene usato per misurare la corrente che attraversa un circuito. Per poter effettuare la misurazione, si deve aprire il circuito e inserire lo strumento in serie al ramo in cui si vuole misurare. Se ne possono trarre alcune conclusioni. La prima è che tutta la corrente attraversa lo strumento, la seconda è che l'amperometro deve avere una resistenza interna molto bassa per non alterare il funzionamento del circuito su cui si misura; la terza è che le connessioni devono essere sicure per evitare che il circuito subisca un'avaria durante l'operazione di misurazione. Quest'ultimo problema viene risolto usando delle pinzette di connessione, o dei cavi di misura dotati di pinzette alle estremità. Esistono dei modelli di pinze comodissimi da usare perché si inseriscono nei puntali del multimetro. L'utilizzo delle pinzette permette di avere le mani libere, quindi di svolgere altri lavori.

Puntali di misurazione

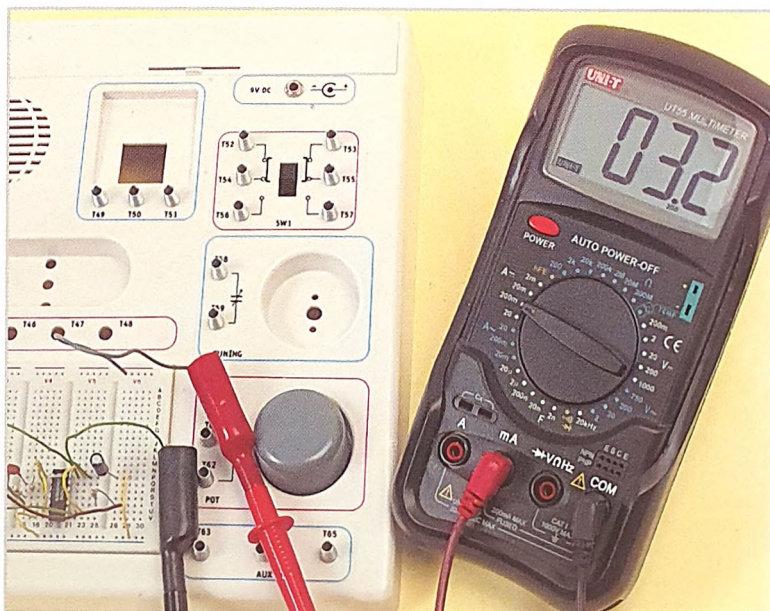
I puntali di un multimetro vengono impiegati per ogni tipo di misura, ma il metodo con cui viene eseguita la misura ci obbliga a prendere delle precauzioni. È molto importante sa-

In questo modello di multimetro gli ingressi sono protetti dalla corrente fino a un massimo di 2 A.

Connessione dei puntali di misura per correnti minori di 200 mA.

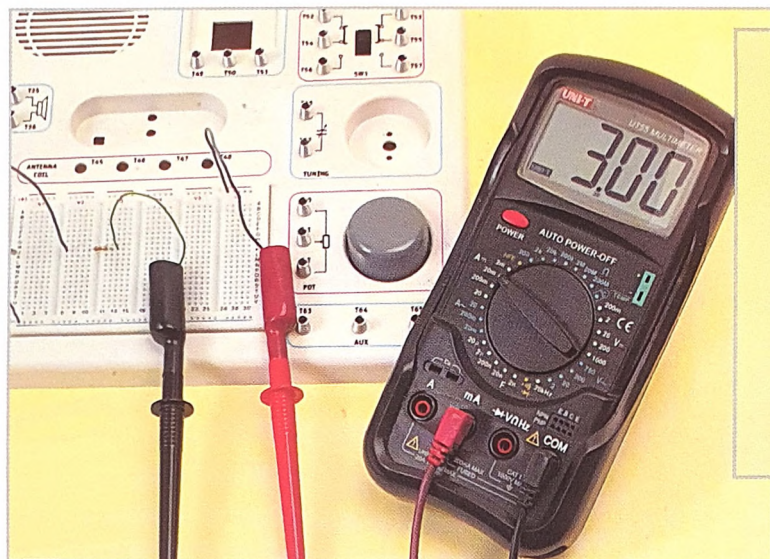
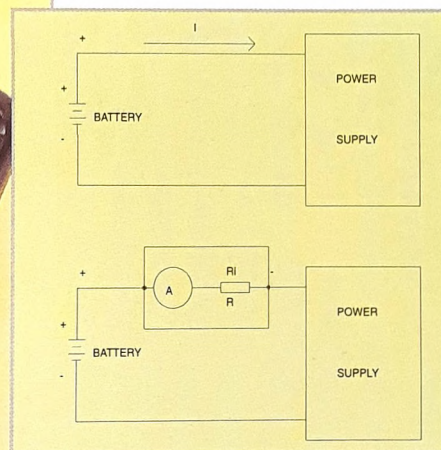
Misurazione delle correnti continue

Connessione dei puntali di misura per la scala da 20 A; dobbiamo ricordarci che questa scala non è protetta da fusibile. Inoltre, non dovremo mantenere la connessione per più di 15 secondi.

pere come si collega un multimetro. Il cavo nero va collegato al terminale comune contrassegnato da COM; si deve fare molta attenzione al cavo rosso, anche se non conosciamo il consumo, dovremmo avere comunque un'idea approssimativa del valore che stiamo per misurare. Raccomandiamo inoltre di verificare tutto con attenzione prima di collegare lo strumento al circuito. Ecco come procedere: se non si conosce il valore della corrente, utilizzeremo la scala più alta, osservando attentamente il punto in cui si collegano i puntali di misura. Quello rosso andrà collegato al connettore contrassegnato da 20 A, o 10 A a seconda del modello, posizionando il selettore della scala nella portata corrispondente. Se la lettura sarà bassa e nell'ambito di una scala minore, converrà cambiare di portata ricordandosi di cambiare anche le connessioni dei cavi di misura allo strumento.

La misurazione

Prima di iniziare a misurare, dovremo accertarci, nei limiti del possibile, che lo strumento sia calibrato e che le pile siano in buono stato: quasi tutti gli apparecchi hanno sul display un indicatore di batteria bassa (Lo-Bat). Dovremo posizionare il selettore sulla scala adeguata e realizzare correttamente le connessioni. Se abbiamo il sospetto che nel punto in cui vogliamo effettuare la misura circoli una corrente eccessiva, che potrebbe danneggiare lo strumento, possiamo ricorrere a un trucco, semplice ma abbastanza efficace. Si apre il circuito nel punto in cui si vuole effettuare la misura e si inserisce un fusibile, ad esempio da 100 mA. Se una volta messo in funzione il circuito il fusibile non si fonde, significa che sarà possibile effettuare la misura nella scala fino a 200 mA. Raccomandiamo di fare sempre questa verifica, soprattutto quando abbiamo a che fare con le scale addizionali perché un fusibile è sicuramente più economico di un multimetro. Non dobbiamo affidare la protezione del multimetro unicamente al fusibile interno.

Utilizzo del multimetro per misurare il consumo del circuito corrispondente a uno degli esperimenti.

Misurazione delle correnti continue

Misura della corrente che circola attraverso un LED.

Procedimento utilizzato per misurare il consumo della corrente di un'apparecchiatura.

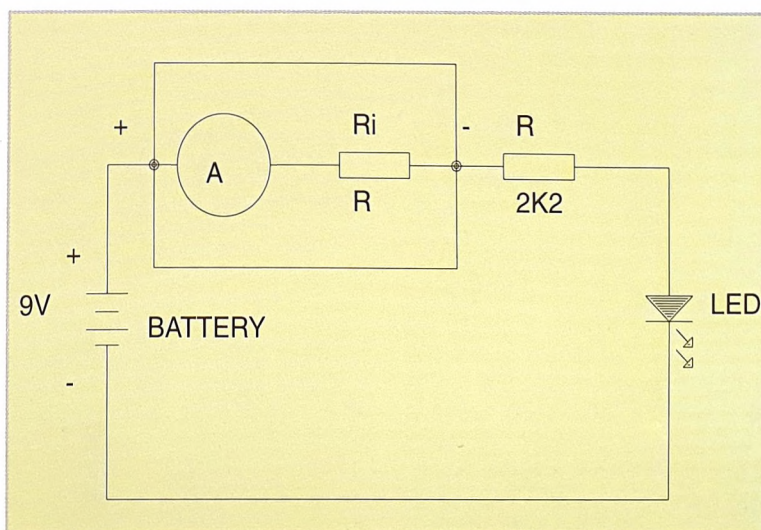
Errore

Quando non si conosce l'utilizzo di uno strumento o questo cade in mani inesperte, capita spesso che si "giochi" con le scale e si applichino i puntali di misura tra due punti qualunque di un circuito. Questo tipo di procedimento non si deve fare con le scale di misurazione della corrente continua, infatti se lo si facesse si verificherebbe un cortocircuito tra i punti nei quali vengono applicati i puntali. Ricordiamoci che la resistenza interna di un multimetro è molto bassa.

Se si collegano i due puntali ai morsetti di una pila, senza inserire una resistenza di limitazione o lo stesso circuito da misurare, si provocherà, come minimo, un'avaria nello strumento.

Non dovremo mai collegare i puntali di misura di uno strumento predisposto per misurare la corrente in parallelo, a un generatore di tensione, basta ricordare che un amperometro è in pratica un cortocircuito. L'amperometro va collegato in serie e il voltometro in parallelo. Scambiarne le connessioni potrebbe causare problemi e avarie.

Resistenza interna

Per capire meglio, ecco un esempio di come può essere la sequenza dei valori delle resistenze interne per la misura di correnti continue: 100 Ω, per la scala da 2 mA; 10 Ω per la scala da 20 mA; 1 Ω per la scala da 200 mA; 0,1 Ω per la scala da 2 A e 0,01 Ω per la scala da 20 A. Quest'ultima resistenza è così bassa che impedisce l'inserimento di un fusibile di protezione.

L'amperometro, o il multimetro predisposto per misurare la corrente continua, va inserito in serie con il circuito; a questo scopo si rende necessaria l'apertura del circuito.

Avarie dovute all'alimentazione

Quando un'apparecchiatura smette di funzionare, prima di aprirla, dobbiamo effettuare una serie di verifiche.

Quando un'apparecchiatura smette di funzionare, solitamente la si apre un po' troppo precipitosamente e ci si mettono disordinatamente le mani. Questo non è il modo corretto di procedere, perché potrebbe succedere di peggiorare l'avaria iniziale, compromettendo definitivamente l'apparecchiatura.

Prima di utilizzare un multimetro per misurare una tensione della rete, ci si deve assicurare che i puntali di misurazione siano uniti ai connettori adeguati, che il selettore delle scale sia su una portata adeguata alle tensioni alternate, e che ci sia come minimo un fondoscala di 750 V AC.

Primi passi

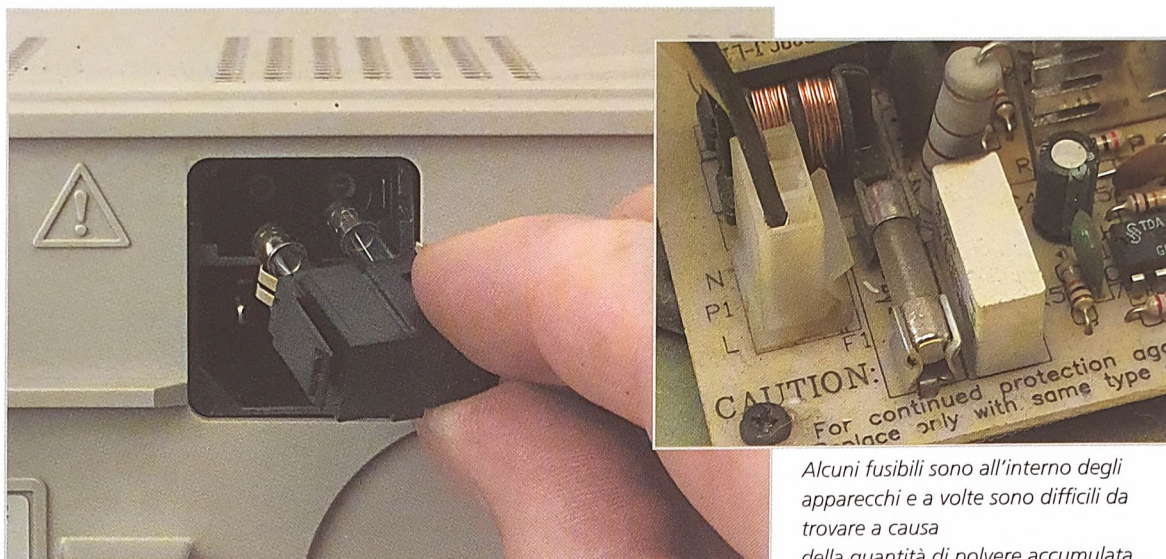
Quando un apparecchio smette di funzionare, la prima cosa da fare è cercare quale sia la causa immediata. Dobbiamo cercare di capire, cioè, se ci sia stata una circostanza in coincidenza con l'avaria: stavamo muovendo l'apparecchio, l'abbiamo fatto cadere, ha ricevuto un colpo, qualcuno in un'altra stanza ha collegato un altro apparecchio, c'è un temporale, la rete manca, eccetera.

L'investigazione

Qualcuna delle precedenti cause potrebbe darci un suggerimento su ciò che sta succedendo: se l'apparecchio non funziona, si deve innanzitutto verificare se è alimentato, la cosa più semplice è verificare la presenza della tensione nella presa di rete. Toglieremo il cavo e collegheremo al suo posto, per esempio, una lampadina: verificheremo, così, se c'è tensione. Non dobbiamo farci fuorviare dal fatto che in casa ci sia l'illuminazione né dal fatto che un'altra presa sia in tensione. Normalmente in un'abitazione ci sono diversi circuiti e potrebbe essere saltato il dispositivo di protezione corrispondente alla nostra presa; normalmente è un interruttore magnetotermico o un interruttore differenziale. Oltre a quello corrispondente al circuito, potrebbe essere saltato l'interruttore generale. Si deve anche considerare l'eventuale presenza di fusibili a valle del contatore, oppure la presenza di fusibili alla base di ogni presa. Nel caso in cui la verifica non dia frutti, collegheremo nuovamente l'apparecchiatura alla rete: potrebbe esserci stata una momentanea mancanza di tensione, oppure potrebbe trattarsi di un falso contatto nella spina di connessione: muovendola e inserendola di nuovo nella presa, il problema potrebbe, per il momento, essere risolto. Si deve fare molta attenzione alle prolunghe e ai dispositivi di connessione dotate

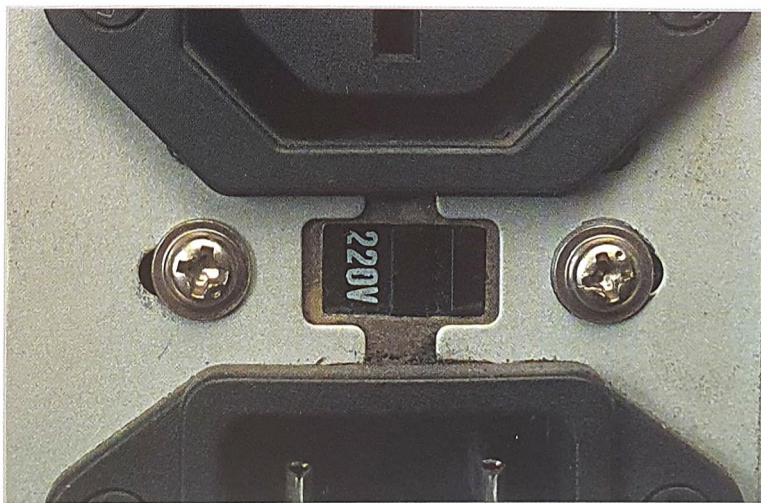
Misurazione della tensione della rete in un cavo di alimentazione di un'apparecchiatura.

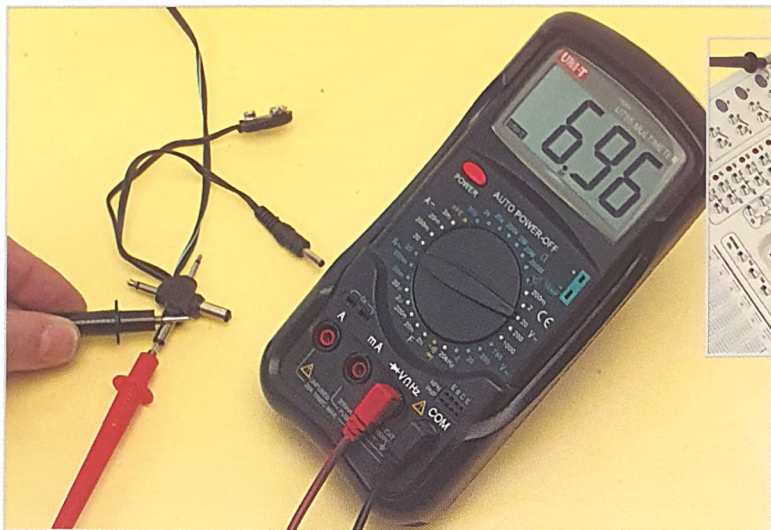
Avarie dovute all'alimentazione

Alcuni fusibili sono all'interno degli apparecchi e a volte sono difficili da trovare a causa della quantità di polvere accumulata.

I fusibili a pannello sono accessibili dall'esterno dell'apparecchiatura.

di diverse prese, si deve scegliere materiale omologato e di buona qualità, evitare un sovraccarico di consumo e il disordine nei cavi. Si deve evitare anche di metterli in zone di passaggio, perché possono far inciampare e comunque, danneggiare l'installazione.

Cavi di alimentazione

Se l'avaria dovesse persistere, dovremo verificare il fusibile esterno dell'apparecchio, e nel caso dovesse essere interrotto, possiamo inserirne un altro adeguato all'apparecchio. Deve essere quello raccomandato dal costruttore. Infatti a volte viene indicato vicino al porta fusibili, mentre altre volte varia a seconda della tensione delle rete selezionata, e può essere del tipo rapido, normale o temporizzato. Quelli rapidi sono contrassegnati dalla lettera F (per fast) e quelli ritardati con la lettera T (per temporizzato). Se il fusibile non fosse adeguato, avremmo due tipi di inconvenienti: Il fusibile potrebbe fondere, durante il normale funzionamento o durante l'accensione dell'apparecchiatura, oppure potrebbe non fondere nemmeno in caso di sovracorrente, lasciando l'apparecchio non protetto. Non ci si deve fidare del modello di fusibile installato, se pensiamo che l'apparecchio possa aver subito manipolazioni precedenti al nostro intervento. A causa di una riparazione frettolosa, infatti potrebbe essere stato inserito un fusibile inadeguato. Una volta verificato e sostituito il fusibile, si può tornare a collegare l'apparecchio. Se l'apparecchio funziona ma il fusibile continua a fondere si deve riaprire l'apparecchio. Dovremmo farlo solo se sappiamo come ripararlo, altrimenti è meglio portarlo a un tecnico specializzato. In questi casi, deve essere effettuata

Il selettore della tensione deve segnalare la tensione della rete adeguata alla zona nella quale si utilizza.

Avarie dovute all'alimentazione

Un'avaria molto frequente sono i guasti degli alimentatori: bisogna verificarne il funzionamento prima di aprire l'apparecchiatura.

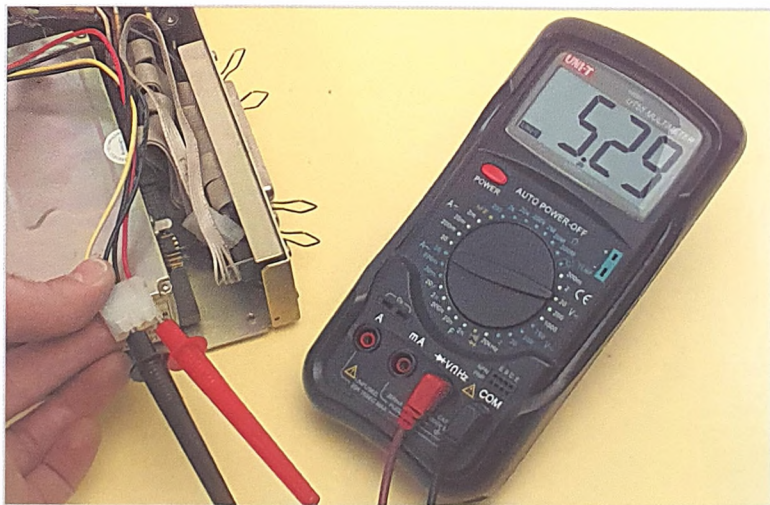
La tensione delle batterie, perché l'apparecchio funzioni, non deve scendere sotto un determinato valore.

la riparazione in un negozio o nei servizi di manutenzione raccomandati dal costruttore dell'apparecchiatura. Se il fusibile non si fonde, bisogna verificare che il cavo di alimentazione sia in buono stato; possiamo sostituirlo con quello di un altro apparecchio, misurare la tensione esistente tra le sue estremità, prestando molta attenzione a non toccare con le dita le parti metalliche dei puntali. Inoltre bisogna evitare che si tocchino fra di loro mentre si sta effettuando la misura; questo, infatti, provocherebbe un cortocircuito che oltre a rovinare i puntali stessi e la presa, metterebbe a rischio la nostra incolumità. Quando un cavo di alimentazione è sottoposto a numerose sollecitazioni, per esempio negli alimentatori degli apparecchi portatili, può succedere che i conduttori interni del cavo si rompano. La copertura isolante esterna può apparire in buono stato, ma all'interno non circolerà corrente perché nel rame non ci sarà continuità.

Fonti di alimentazione

Alcune apparecchiature hanno una fonte di alimentazione facile da identificare; il caso più semplice è quello degli alimentatori esterni. Misurare la loro tensione di uscita è abbastanza comodo, bisogna fare attenzione alla tensione e alla polarità adeguate. Gli alimentatori sono tutti molto simili, ma dobbiamo tenere presente che anche apparecchi molto somiglianti possono utilizzare tensioni di alimentazione molto diverse fra di loro, come nel caso dei personal computer. Quando si utilizzano diversi apparecchi insieme, dobbiamo essere certi di impiegare per ognuno l'alimentatore adeguato.

Personal computer

Nei comuni personal computer è facile localizzare la fonte di alimentazione; inoltre le connessioni di uscita sono simili

L'alimentatore interno del computer genera tensioni continue da +5, -5, +12 e -12 Volt che possono essere facilmente misurate riferendoci al comune, solitamente nero.

Avarie dovute all'alimentazione

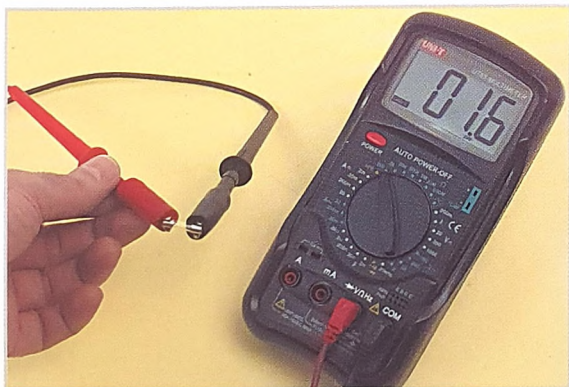
Il multimetro può essere utilizzato per misurare la continuità del cavo di alimentazione, dopo che lo avremo scollegato dalla rete.

I cavi audio devono dare continuità sia sui conduttori centrali che su quelli esterni ma non deve esserci continuità fra il conduttore centrale e quello esterno.

per molti di questi apparecchi. Hanno un connettore caratteristico e tensioni di +5, -5, +12 e -12 Volt, che possono essere misurate sulla scala della tensione continua con un multimetro. Se qualche tensione manca, l'apparecchio non può funzionare. Frequentemente si rompono gli interruttori di alimentazione: possiamo provare ponticellando i morsetti di ingresso con quelli di uscita, prestando la massima attenzione a non provocare cortocircuito. In questo tipo di apparecchiature le avarie possono essere causate anche dai cavi non perfettamente inseriti nei loro alloggiamenti o sganciati inavvertitamente, soprattutto durante le operazioni di pulizia, oppure quando i cavi sono troppo accessibili. In luoghi in cui c'è molta polvere o sporco e negli apparecchi troppo utilizzati, è frequente che si intasino i ventilatori e l'apparecchio si surriscaldi. Quando lo si pulisce, l'apparecchio deve essere scollegato e si devono impiegare un aspirapolvere e una spazzola morbida, evitando di usare l'aria compressa, perché potremmo causare altri danni. Non dobbiamo fare uso di liquidi né tantomeno bagnare l'interno dell'apparecchiatura.

Pile

Negli apparecchi portatili, oltre a verificare lo stato delle pile, bisogna verificare anche che siano ben collegate: alcuni contatti possono essere sporchi o rovinati a causa dell'ossido generato da batterie avariate. Non dobbiamo dimenticarci le pile negli apparecchi che non usiamo abitualmente.

Possiamo conservare le pile in un luogo visibile per verificarne lo stato e quando sono scariche dobbiamo portarle in un punto di raccolta perché vengano riciclate.

Un fusibile in buone condizioni indica continuità.

Un fusibile in cattivo stato non dà continuità e si indica con un 1 alla sinistra.

Strumenti analogici

Gli strumenti di misura di più comune utilizzo sono costruiti partendo da un microamperometro.

Il microamperometro è lo strumento base più usato. I voltmetri e gli amperometri per le misure in continua, vengono costruiti partendo da un microamperometro e aggiungendogli delle resistenze.

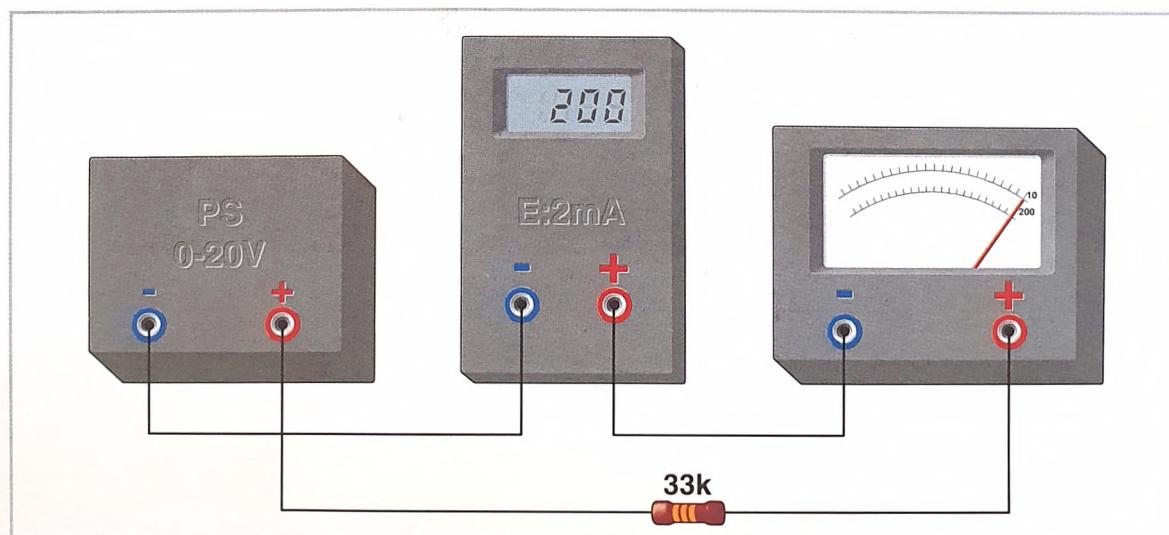
Riassumendo, possiamo dire che per costruire un voltmetro si aggiunge a un amperometro una resistenza in serie; invece, per costruire un amperometro, la resistenza viene collegata in parallelo. Queste resistenze devono essere di valore noto, e molto precise; inoltre, l'insieme finale ottenuto, vale a dire l'unione dello strumento base e della resistenza deve essere calibrato.

Aspetto dello strumento del laboratorio dopo averne asportato il coperchio di protezione.

Lo strumento base

Il microamperometro è lo strumento base impiegato nei misuratori analogici, ne esistono vari modelli, diversi per caratteristiche costruttive e per qualità; i più comuni oscillano tra 40 e 200 µA, anche se si possono costruire apparecchi più sensibili grazie a strumenti di misura più reattivi. Ciò tuttavia implica una maggiore vulnerabilità agli errori. Nel nostro laboratorio disponiamo di uno strumento base da 200 µA di fondo scala. La resistenza interna dello strumento costituisce un parametro di grande importanza: l'ideale sarebbe che un amperometro, collegato in serie con il circuito da misurare, avesse una resistenza zero mentre un voltmetro collegato in parallelo con il circuito da misurare, avesse una resistenza infinita. Lo strumento del nostro laboratorio ha una resistenza interna di approssimativamente 1.630 Ω. È un valore teorico e varia leggermente da un misuratore all'altro perché è impossibile ottenere dei valori esatti nel processo di fabbricazione. Per i calcoli teorici possiamo utilizzare il valore di 1.600 Ω considerando che, per quanto sia fabbricato con componenti molto precisi, uno strumento deve sempre essere sottoposto ad un processo di calibrazione prima del suo utilizzo.

Scala graduata

Lo strumento base dispone di un ago che si sposta su una doppia scala graduata, che nel nostro caso è stata contrasse-

Procedimento da seguire per calibrare o per verificare la calibrazione di un microamperometro.

Strumenti analogici

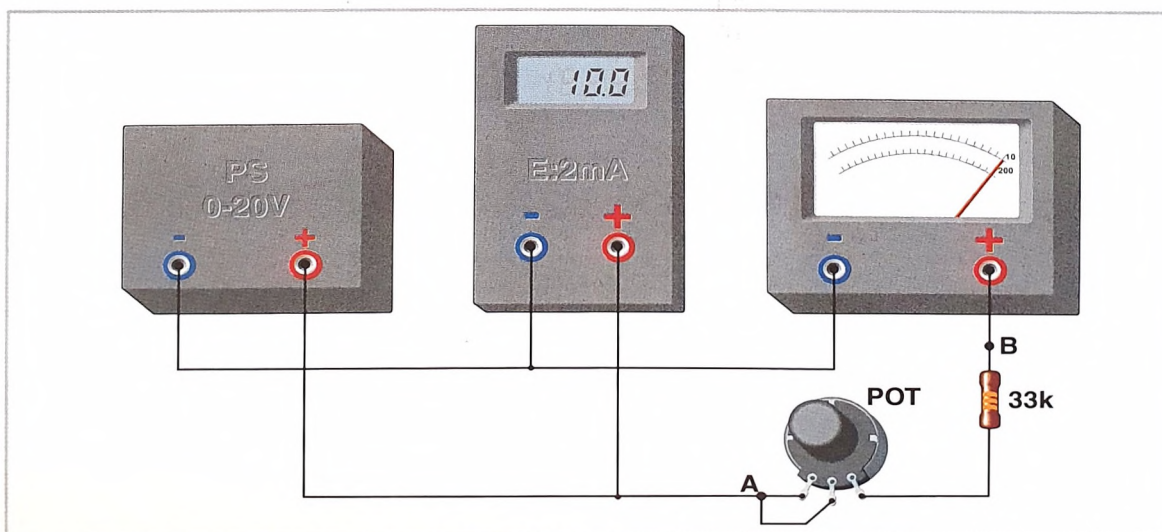
Prova effettiva di verifica dello strumento del laboratorio:
dato che i due strumenti sono collegati in serie, devono dare tutti e due la medesima lettura, a parte un piccolissimo margine di errore.

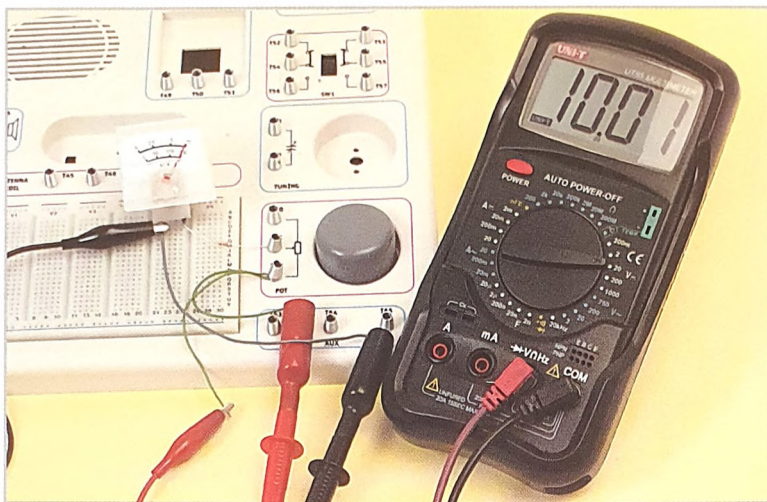
Per effettuare i calcoli si deve considerare che lo strumento del laboratorio ha una resistenza interna di circa 1.600 Ω.

gnata con V/I e va da 0 a 10, nella parte superiore e da 0 a 200 nella parte inferiore. Quest'ultima corrisponde allo strumento base e misura 200 μA a fondo scala, l'altra scala ha bisogno di una resistenza in serie di circa 48 K perché misuri i Volt tra 0 e 10. La presenza della resistenza in serie è indispensabile, in quanto collegare una fonte di tensione da 10 Volt direttamente allo strumento può provocarne la distruzione: infatti, verrebbe a mancare la resistenza di limitazione della corrente a 200 μA che evita che l'ago oltrepassi il fondo della scala.

La scala può essere graduata in funzione della grandezza da misurare; per esempio, se si usa per misurare la quantità di un liquido rimasto in un recipiente, essa verrà graduata usando come unità di misura il litro. L'ago arriverà al fondo scala quando nello strumento base circoleranno 200 μA.

L'interno

L'interno dello strumento è delicatissimo, non deve essere smontato in nessun caso perché, oltre a provocare un danno diretto, possiamo far entrare della sporcizia, o della polvere, che potrebbe bloccare il

Sistema di misura per calibrare o costruire un voltmetro: gli strumenti sono collegati in parallelo.
I morsetti del voltmetro sono il (-) dello strumento base e il terminale A del potenziometro. Il potenziometro e la resistenza costituiscono parte del voltmetro. In questo caso vengono presi i valori per una scala da 0 a 10 Volt.

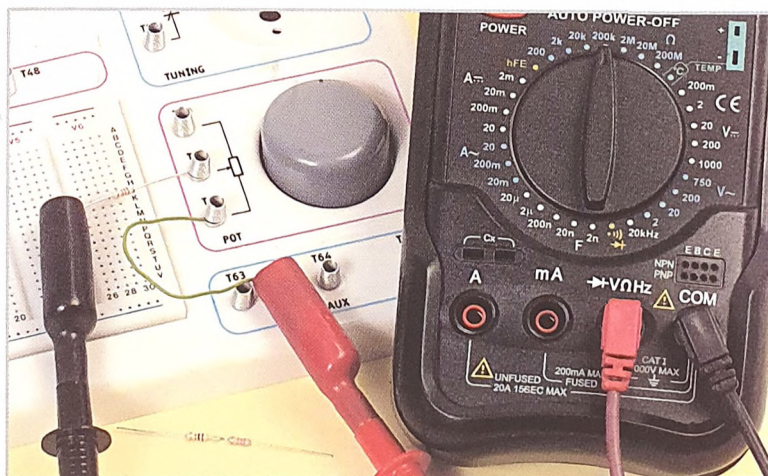
Strumenti analogici

Prova reale: si regola la fonte di alimentazione (PS) a 10 Volt, misura verificabile mediante il voltmetro digitale, si regola il potenziometro fino a che l'ago dello strumento base non segni 10 sulla sua scala più esterna.

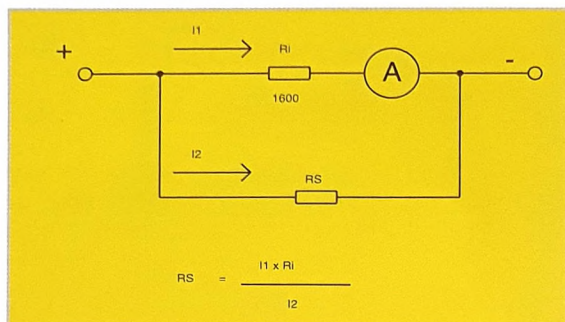
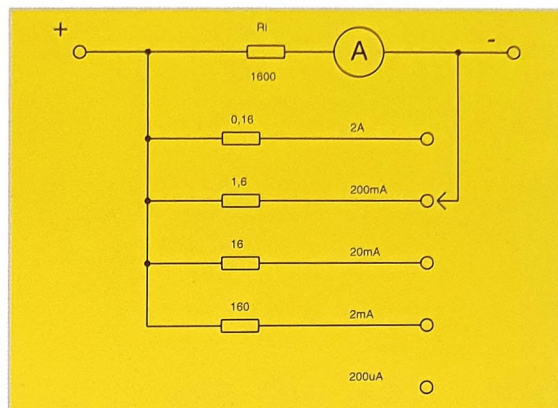
meccanismo della bobina mobile. Nella fotografia vediamo uno strumento aperto per poterne osservare l'interno e per non cadere nella tentazione di aprirne uno. Se il coperchio risulta fissato in modo poco sicuro, conviene fermarlo con una goccia di colla facendo attenzione a non sporcare il frontalino dello strumento.

Verifica dello strumento base

Per utilizzare uno strumento di misura, bisogna prima verificarne il funzionamento. Un microamperometro si prova facendovi circolare una corrente di valore noto; se utilizziamo come esempio quello del laboratorio bisogna far circolare attraverso lo strumento una corrente di 200 μA, che misureremo con un altro strumento per essere sicuri del valore. Nell'illustrazione corrispondente potremo osservare che ambedue gli apparecchi sono collegati in serie sia alla fonte di alimentazione, che a una resistenza da 33 K. La fonte di alimentazione deve poter regolare la tensione in modo che attraverso il circuito circoli una corrente da 200 μA; entrambi gli strumenti devono dare la stessa misura. Potrebbe esserci una piccola differenza di letture, dato che non si tratta di uno strumento di grande precisione. Non dobbiamo dimenticarci della resistenza da 33 K, perché in tal caso potremmo distruggere entrambi gli strumenti.

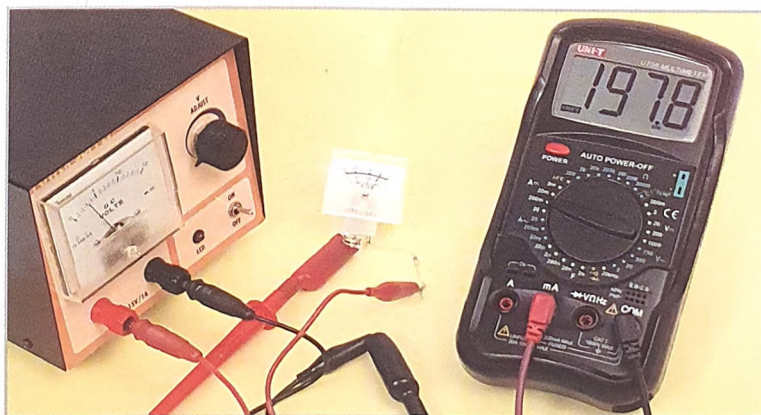
Voltmetro

Per costruire un voltmetro partendo da un microamperometro si collega in serie quest'ultimo ad una resistenza tale che, alla tensione di fondo scala desiderata, attraverso lo strumento circoli la corrente massima ammessa dal microamperometro. Come esempio, vediamo quello che utilizzeremo nel nostro laboratorio. Vogliamo costruire un voltmetro da 10 Volt di fondo scala con il nostro strumento da 200 μA. Se applichiamo la legge di Ohm a un circuito attraverso il quale circolano 200 μA, quando si applica una tensione da 10 Volt risulta una resistenza da 50 K, che si ottengono dividendo i 10 Volt per gli 0,0002 A. Dato però che la resistenza interna dello strumento è approssimativamente di1,6K Ω si deve aggiungere una resistenza di 48,4 KΩ. In pratica bisogna regolare ogni strumento perché tra gli errori degli strumenti e la tolleranza delle resi-

Una volta determinato il valore della resistenza da inserire per ottenere una scala da 10 Volt, possiamo lasciare il potenziometro e la resistenza o prendere un insieme di resistenze fisse che ci fornisca il medesimo valore.

Strumenti analogici

Per costruire un amperometro che misuri correnti superiori a 200 µA, si collega una resistenza in parallelo, attraverso la quale deve circolare quasi tutta la corrente, in maniera tale che attraverso lo strumento passi solamente una piccola parte di corrente proporzionale.

Rete resistiva per ottenere in uno stesso strumento base diverse scale di misura.

stenze si possono commettere errori abbastanza grandi. La cosa più pratica da fare è usare un potenziometro di regolazione come viene indicato nell'illustrazione e regolare la fonte di alimentazione (PS da Power Supply) a una tensione di 10 Volt; possiamo verificarlo con un multimetro regolando il potenziometro fino a quando lo strumento non segni 10 Volt. Possiamo lasciare il potenziometro regolabile oppure inserire una rete di resistenze che sostituisca la somma del potenziometro e della resistenza utilizzati, tenendo conto che bisogna inserire una resistenza pari alla somma di entrambi questi elementi. Nel caso del nostro laboratorio dobbiamo fare lo stesso, ma se non abbiamo nessun tipo di strumento di misura, utilizzeremo una resistenza da 47 K più un'altra da 1 K, valori che abbiamo impiegato nella campionatura dei diversi strumenti scelti a caso. Probabilmente ci sarà qualche errore, ma non influenzerà la realizzazione degli esperimenti, e con delle pile nuove segnerà un valore molto vicino a 10, un po' al di sopra oppure un po' al di sotto.

Amperometri

Per costruire un amperometro che riesca a misurare delle correnti superiori a 200 µA, si deve collegare in parallelo alla bobina dello strumento una resistenza attraverso la quale circoli quasi tutta la corrente, in modo che, quando circola attraverso il parallelo così formato la corrente massima prevista, attraverso lo strumento base passino esattamente 200 µA. La resistenza usata come Shunt ha normalmente un valore molto basso e deve riuscire a sopportare il passaggio di tutta la corrente; si deve innanzitutto evitare che si riscaldi perché non si guasti e perché il suo valore non cambi con la temperatura. La si deve anche calibrare; la calibrazione si calcola mediante la seguente formula: Rs = (I1 x Ri)/I2, dove I1 è la corrente massima dello strumento base – nel nostro caso 200 µA –, Ri è la resistenza interna che per questo strumento è di 1K6, e I2 è il fondo scala da 200 mA. Questa resistenza Shunt ha un valore di 1,6 Ω e per 2A sarà solamente di 0,16 Ω. Se si utilizzano diverse resistenze possiamo disporre di diverse scale, ricordandoci di scollegare lo strumento ogni volta che vogliamo cambiare scala.

Esperimento realizzato collegando una resistenza da 1,6 Ω per ottenere un amperometro con un fondo scala di 200 mA

Misure con l'oscilloscopio

In questa scheda mostreremo come effettuare alcune misure utilizzando un oscilloscopio.

L'oscilloscopio è uno strumento tipico di un laboratorio elettronico. L'ideale sarebbe possederne uno e poter contare sulla collaborazione di qualcuno che ci insegni a utilizzarlo facendoci vedere come si effettuano alcune misure di segnali.

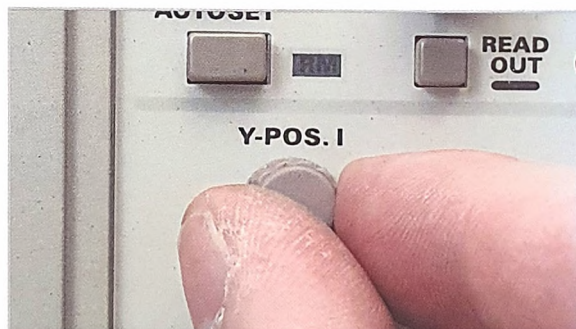
Prima di iniziare a misurare, si deve verificare la posizione del comando dell'attenuatore della sonda.

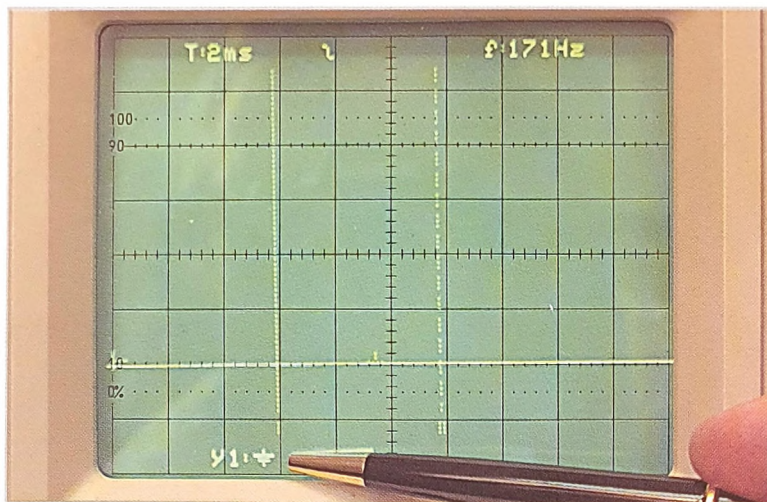
Misurazione della tensione continua

Siamo abituati a misurare con un oscilloscopio i segnali periodici, ma non dobbiamo dimenticarci che con questo strumento possiamo misurare anche i valori di tensione. Prima di iniziare le misure, ci sono due operazioni da effettuare: la prima consiste nel verificare la posizione dell'attenuatore della sonda, che può essere sulla posizione x1 oppure x10. Se il selettore si trova sulla posizione x1 il segnale non viene modificato, nella posizione x10, invece, il segnale d'ingresso viene diviso per dieci. Al momento della lettura, quindi, dobbiamo moltiplicare per dieci i dati d'ampiezza visualizzati sullo schermo dell'oscilloscopio. L'altra operazione consiste nel fissare un valore di riferimento: a questo scopo posizioneremo il selettore d'ingresso a massa, cioè a zero; in alcuni oscilloscopi il selettore è un pulsante, in altri invece, è un selettore AC, DC e GND. La posizione utilizzata per fissare il selettore viene contrassegnata come GD o GND, a seconda del modello. Mentre il selettore è selezionato su GD o GND, si agisce sul comando della posizione verticale per muovere il segnale visualizzato fino ad uno dei riferimenti orizzontali più bassi del reticolo; fissiamo mentalmente la suddetta posizione. Passando alla posizione DC, l'oscilloscopio può misurare le tensioni rispetto alla massa. Se applichiamo della tensione tra la massa e l'ingresso, il segnale visualizzato si sposta di un determinato numero di divisioni, la tensione viene misurata moltiplicando lo spostamento della linea in senso verticale, vale a dire le divisioni che la linea orizzontale ha percorso, per la cifra indicata dal comando della sensibilità d'ingresso. In alcuni modelli di oscilloscopio questa scala viene indicata sullo schermo.

Segnali periodici

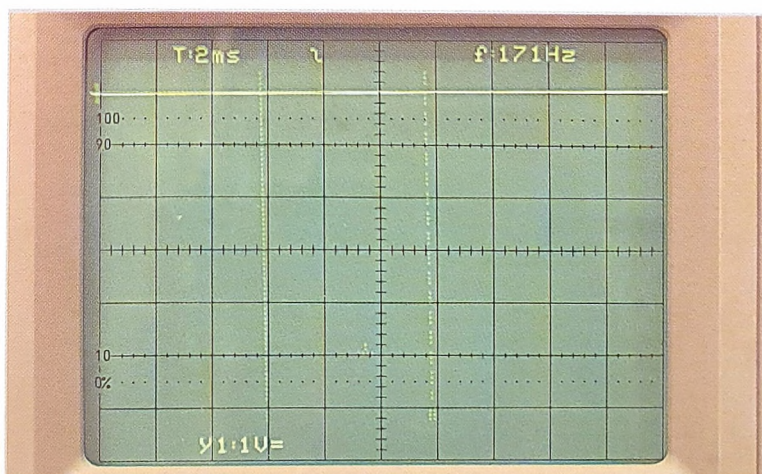
L'oscilloscopio è uno strumento utilissimo, visualizza la forma dell'onda sullo schermo, oltre ad altri dati quali il periodo (che ci consente di calcolare la frequenza) e l'ampiezza. Possono anche essere visualizzate altre deformazioni che ci indicano se il segnale è tagliato, distorto o modulato, oppure se la fre-

Il pulsante GD collega l'ingresso a terra per poter fissare il livello di riferimento utilizzato per le misure in continua.

Il comando della posizione Y permette il posizionamento della linea orizzontale in senso verticale.

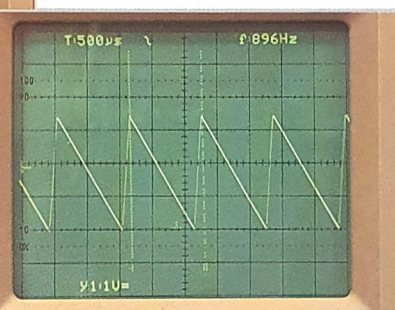
Misure con l'oscilloscopio

Il livello di riferimento per le misure della tensione viene fissato spostando la linea orizzontale con il comando dalla "posizione Y" fino a una linea del reticolo.

quenza cambia eccetera. Prima di applicare il segnale all'ingresso, si deve posizionare il selettore dell'ingresso su AC, possiamo farlo anche su DC, se vogliamo vedere il livello della continua. A questo punto, dobbiamo tener conto di un fattore molto importante. Il livello della continua e il segnale alternato, non sempre possono essere visualizzati simultaneamente. Facciamo un esempio pratico: supponiamo di dover misurare il segnale di uscita di una fonte di alimentazione di corrente continua da 48 Volt. Posizioniamo l'attenuatore della sonda su x10, collochiamo il selettore dell'ingresso su 1V/DIV, cioè un Volt per divisione, e utilizzando il procedimento prima indicato vedremo che la linea orizzontale si sposta verso l'alto di 4 posizioni complete, più quasi tutta la successiva, tenendo conto che la sonda sta misurando 48 Volt. Però se volessimo vedere il ripple dell'alimentatore, che supponiamo costituito da un raddrizzatore a ponte, dovremmo cercare un debole segnale, per esempio, 100 mV di ampiezza e 100 Hz di frequenza sovrapposto alla continua; sulla precedente scala non vedremmo niente. Però se spostiamo il selettore dell'ingresso su AC, eliminando la corrente continua, potremo aumentare gradatamente la sensibilità. Vedremo allora che la linea inizierà ad "ingrassare" fino a quando si vedrà una sinusoide quasi perfetta di 100 Hz e di 100 mV di ampiezza. Bisognerà agire sul comando della base tempi per adattarci alla frequenza del segnale e poterlo visualizzare. Questa procedura si può applicare quando si utilizzano amplificatori operazionali con alimentazione asimmetrica, cioè con una sola fonte di alimentazione, e quando si polarizzano solamente alcuni punti del circuito con la metà della tensione di alimentazione, che viene in seguito eliminata dall'uscita con condensatori di disaccoppiamento. Si possono effettuare misure prima e dopo questi condensatori, per vedere la differenza. Possiamo fare questa misura negli amplificatori audio, i quali sono dotati di questi condensatori all'uscita, e sono alimentati asimmetricamente.

Onda quadra

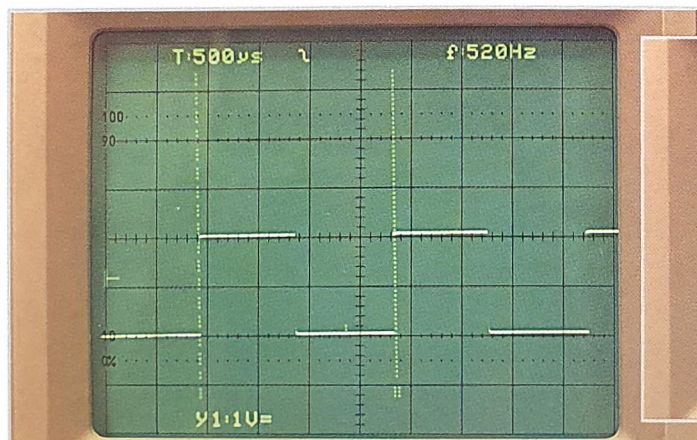
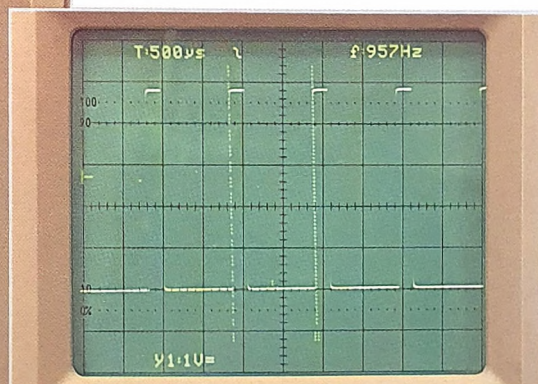
Fra i segnali periodici si segnalano quelli quadrati: a prima vista hanno una forma quasi perfetta, anche se analizzando bene l'impulso, vediamo che non è perfetto e la tensione non sale e non scende verticalmente; e in alcuni

Applicando una tensione continua, la linea si sposta in senso verticale, in questo esempio di 5 divisioni essendo il selettore della sensibilità 1V/DIV ci indica che la tensione applicata all'ingresso dell'oscilloscopio è di 5 Volt.

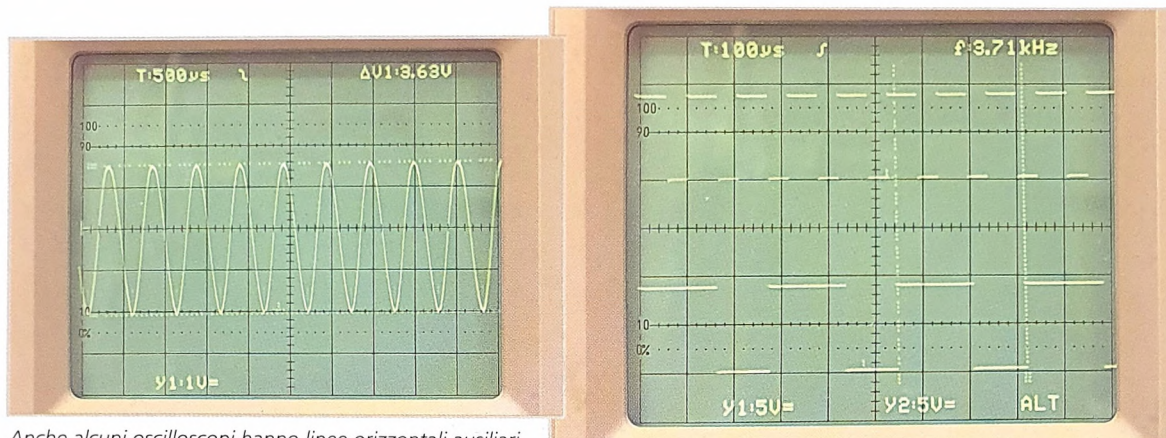
Misure con l'oscilloscopio

Onda sinusoidale. Le linee ausiliarie delimitano un periodo completo, in questo caso è un segnale sinusoidale da 1,89 kHz e con un'ampiezza di 3,6 V.

Onda del tipo a "dente di sega" da 3,4 V di ampiezza e con una frequenza di 896 Hz.

casi contiene deformazioni importanti. In un segnale formato da un treno continuo di impulsi, se ne deve analizzare il periodo, oppure detto in maniera più semplice, la porzione di segnale di livello alto più la porzione a livello basso. La somma di questi due tempi forma il periodo del segnale in esame. La frequenza è l'opposto del periodo, risulta cioè dalla divisione dell'unità per il periodo. Alcuni oscilloscopi dispongono di marcatori, visualizzati in forma di due righe verticali, posizionabili mediante alcuni pulsanti; in questo modo situandoli nei due punti che definiscono il periodo forniscono sullo schermo la lettura diretta della frequenza. In alcuni oscilloscopi si deve moltiplicare il numero delle divisioni orizzontali, che il periodo copre per il moltiplicatore, che la base tempi ci indica; così si ottiene il tempo e calcolando il suo opposto si ottiene la frequenza. La durata dell'impulso attivo, il tempo cioè in cui il segnale sta a livello alto, può essere uguale al livello basso, oppure variare ed essere più largo o più stretto, ma non dobbiamo confondere la larghezza dell'impulso con la frequenza. Se si mantiene la somma dei tempi in cui il segnale è a livello alto e a livello basso, la frequenza non cambia. L'ampiezza dell'impulso è la differenza tra il livello alto e quello basso e si misura contando il numero di divisioni tra i due.

Onda triangolare

L'onda triangolare ha forma di triangolo, anche se in elettronica tende ad essere chiamata segnale a dente di sega, denominazione più accertata, perché come per le seghe, i picchi possono essere più o meno inclinati; l'inclinazione, ovvero le pendenze dei due fronti di salita e di discesa possono essere uguali fra loro, diversi, oppure uno dei due fronti potrebbe essere anche praticamente verticale. Il periodo è uguale per qualunque segnale periodico: si sceglie un punto e si segue il segnale fino a trovare un altro punto uguale a partire dal quale il segnale torna a ripetersi. Per calcolare il periodo, e a partire da esso anche

Visualizzazione di un'onda quadra di 2 V di ampiezza massima e con una frequenza di 520 Hz. In questo caso, le linee ausiliarie verticali posizionate agli estremi del periodo ci indicano la frequenza.

Onda quadra con una frequenza di 957 Hz e di 4,8 V di ampiezza. Si osserva che il tempo in cui il segnale è a livello alto è molto diverso da quando è a livello basso.

Misure con l'oscilloscopio

Anche alcuni oscilloscopi hanno linee orizzontali ausiliari per misurare l'ampiezza da picco a picco. In questo caso segnano esattamente 3,63 Volt.

In un oscilloscopio a due canali si possono visualizzare simultaneamente due segnali.

la frequenza, si misura la distanza tra i due punti contando le divisioni orizzontali.

Onda sinusoidale

L'onda sinusoidale corrisponde a un tono puro, composto da una sola frequenza e in assenza di distorsioni armoniche. La frequenza si misura come nel precedente caso, l'ampiezza si misura in verticale contando le divisioni e moltiplicando per l'indicazione del comando della sensibilità. Misurando la sensibilità tra i due picchi positivi e quelli negativi si ottiene l'ampiezza da picco a picco, rappresentata da Vpp; per calcolare la tensione del picco si divide per due e si ottiene Vp. Per calcolare il valore efficace, che è quello che misurano i multimetri, si deve tornare a dividere il valore del picco per la radice di 2. A titolo di esempio diremo che la tensione della rete da 220 Volt ha 311 Vp e 622 Vpp. Ma attenzione, queste formule sono valide solamente per un'onda di forma sinusoidale.

Canali

Gli oscilloscopi possono avere diversi canali per visualizzare simultaneamente più forme d'onda, pertanto hanno diversi ingressi indipendenti e anche indipendenti controlli di sensibilità.

Modo XY

Gli oscilloscopi dispongono anche della modalità XY, la cui comprensione può risultare abbastanza complicata per i principianti.

Se si applica un generatore sinusoidale all'asse X e un altro all'asse Y si ottiene un anello che gira per uno dei suoi diametri, a livello di visualizzazione potrebbe essere anche solo una linea. La posizione del cerchio indica lo sfasamento o il ritardo fra segnali applicati all'ingresso. Se i segnali sono multipli, si ottiene una tipica figura in movimento dall'aspetto tridimensionale.

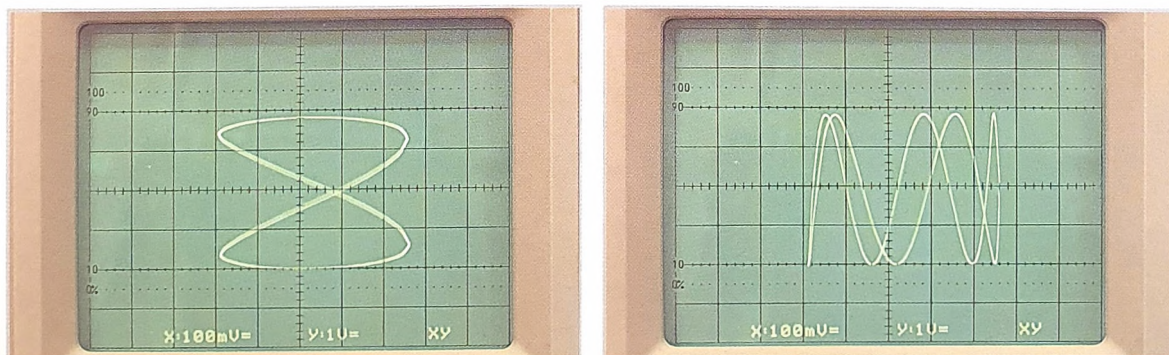



Figure ottenute grazie alla modalità XY applicando onde sinusoidali di frequenza uguale o multiple una dell'altra.

Osservazione dei segnali sullo schermo di un oscilloscopio

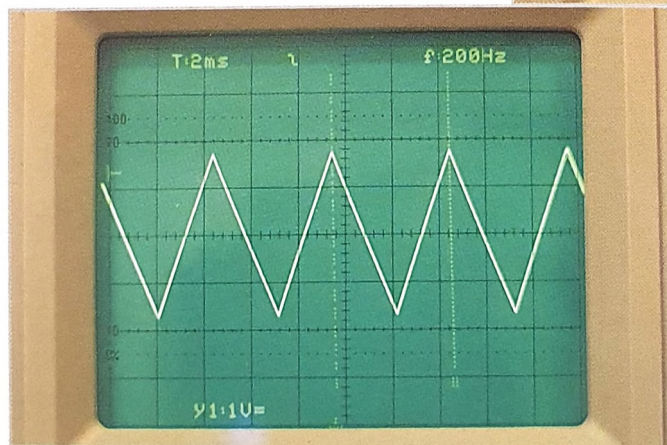
Alcuni segnali possono essere facilmente identificati sullo schermo di un oscilloscopio.

Queste pagine sono state scritte pensando soprattutto a chi non possiede un oscilloscopio. Le immagini sono reali: è stato impiegato un comune oscilloscopio e tutte le misure effettuate sono facilmente ripetibili, anche se chi le effettua non ha familiarità con questo strumento. Potete realizzare vari tentativi fino a riuscirci. Osservando i segnali dell'oscilloscopio possiamo trarre molte conclusioni.

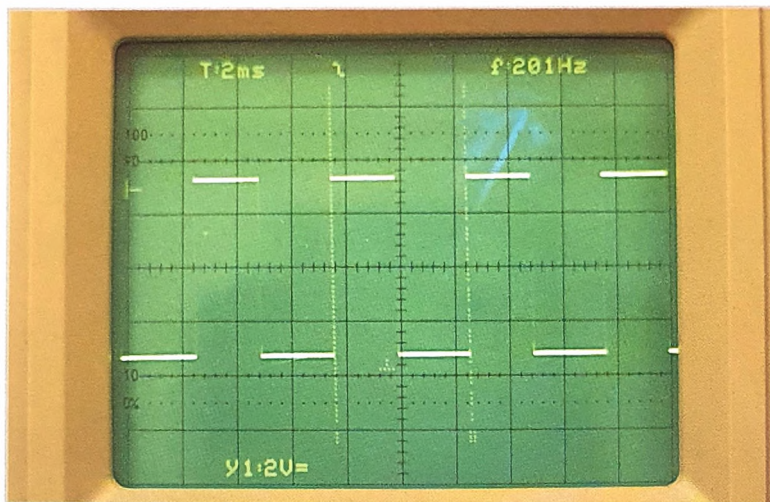
Fotografia di un'onda sinusoidale presa dall'uscita di un amplificatore audio. È uguale al segnale applicato all'ingresso: è una sinusoide quasi perfetta e pertanto ha una distorsione bassissima.

Distorsione

Con l'ausilio di un generatore, mandiamo all'ingresso di un amplificatore audio, un segnale sinusoidale perfetto. Se osserviamo sullo schermo di un oscilloscopio l'uscita dell'amplificatore, vediamo che il segnale è perfettamente definito e che conserva la forma geometrica di un segnale sinusoidale; la distorsione del segnale sarà sicuramente bassissima, minore dell'1%. Per misurare la distorsione esistono apparecchiature specifiche, che sono solitamente integrate negli analizzatori audio; se vediamo che il segnale è tagliato o deformato, sicuramente misureremo un alto livello di distorsione.

Quando si cerca di estrarre troppa potenza da un amplificatore l'ampiezza del segnale si avvicina a quella dell'alimentazione. Non può salire ulteriormente e viene tagliato. Quando la distorsione supera il 5%, ce ne accorgiamo a orecchio, mentre se supera il 10% diventa anche molesta.

Segnale di onda triangolare corrispondente a una delle uscite dell'esperimento "TECNICHE 33".

Non sempre la distorsione di un segnale è causata dall'amplificatore; se per esempio applichiamo all'ingresso di un amplificatore un segnale audio di livello eccessivo, l'uscita risulterà tagliata e molto distorta. Se la sinusoide è leggermente

Osservazione dei segnali sullo schermo di un oscilloscopio

Segnale di un'onda quadrata corrispondente a una delle uscite del circuito dell'esperimento "TECNICHE 33".

tagliata al di sopra o al di sotto, avremo una distorsione di circa il 5%. Questo livello di distorsione inizia a essere apprezzabile a "orecchio", mentre se supera il 10% diventa "molesto".

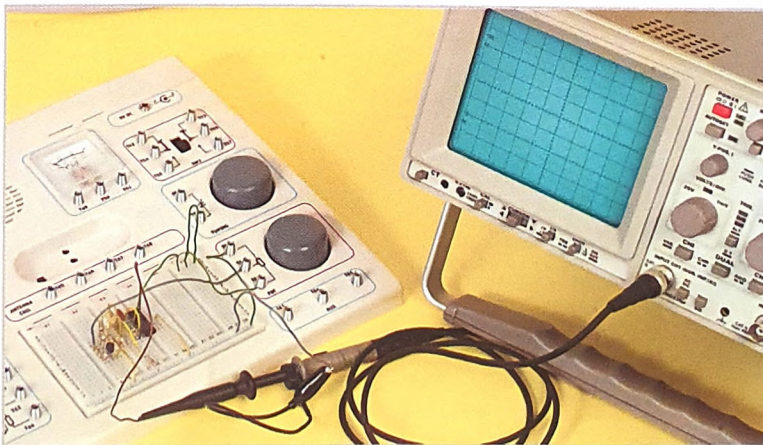
Se aumenta ancora diventa praticamente inaccettabile.

La distorsione si misura con un segnale sinusoidale, perché quest'ultimo contiene un tono puro, cioè un'unica frequenza. Un segnale quadrato possiede una forte distorsione armonica: oltre alla frequenza fondamentale contiene delle componenti di frequenza armonica e, sempre nel caso dell'onda quadrata, dispari. Se abbiamo un segnale quadrato di 1 kHz, per esempio, esso conterrà delle armoniche di 3, 5 e 7 kHz: le armoniche a frequenza più alta hanno intensità minore. Queste frequenze armoniche aggiunte sono udibili: per questo un segnale quadrato da 1 kHz si sente in maniera diversa rispetto a uno sinusoidale da 1 kHz. Se scegliamo una qualunque onda che non sia sinusoidale, essa ha sicuramente delle armoniche. Se ascoltiamo un'onda triangolare, essa suona diversamente rispetto a una sinusoidale e a una quadrata perché nello spettro sonoro ha una diversa distribuzione delle armoniche. Questo è uno dei motivi per cui gli strumenti musicali suonano diversamente, anche se emettono la medesima nota nella medesima scala.

Forme dell'onda

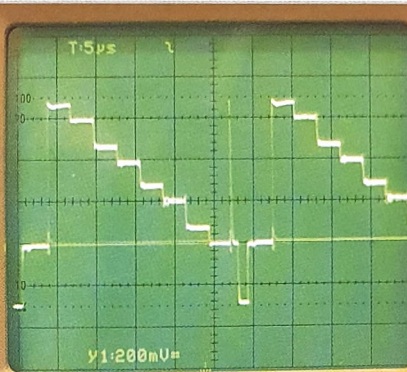
Sullo schermo di un oscilloscopio possono essere facilmente visualizzati i segnali periodici, sia quelli provenienti da un generatore sia quelli che si possono ottenere da altre apparecchiature, di cui molte sono praticamente alla portata di tutti. In queste pagine presenteremo i segnali di uscita corrispondenti a uno degli esperimenti effettuati con il laboratorio. Notate che malgrado la semplicità del circuito i segnali ottenuti possiedono una forma geometrica quasi perfetta.

Segnali del video

Anche se esistono strumenti specifici per visualizzare i segnali video, è possibile farlo anche con un oscilloscopio.
Come abbiamo già detto in un'altra occasione, il segnale video contiene l'informazione dell'immagine mentre il segnale audio contiene quella del suono. Possiamo ottenere questi segnali sia dai connettori AUDIO OUT di un riproduttore video, sia da una videocamera o da quelli di un televisore: sono solitamente connettori RCA di colore bianco o rosso. Normalmente possiamo disporre anche di un altro connettore de-

Per poter effettuare delle misure nei nostri esperimenti, colleghiamo la pinza della massa della sonda a (-) e il puntale a una qualunque uscita.

Osservazione dei segnali sullo schermo di un oscilloscopio

nominato VIDEO OUT: in genere un RCA giallo. Sia i segnali video che quelli audio possono venire visualizzati sullo schermo di un oscilloscopio, ma se i suddetti segnali vengono modulati con portanti di radiofrequenza e convertiti in un canale del televisore, non possono essere visti con un oscilloscopio. Non possiamo cioè vedere i segnali captati da un'antenna o quelli in uscita dalle connessioni ANT o RF OUT di un videoriproduttore. Avremo comunque all'uscita VIDEO OUT un segnale video demodulato corrispondente all'emissione su cui siamo sintonizzati, e che possiamo osservare anche sullo schermo di un oscilloscopio. Non vediamo l'immagine, ma l'informazione video, di modo che in un sistema PAL da 625 linee, ogni linea si vede tra due impulsi del sincronismo orizzontale. La frequenza di questo segnale è di 15.625 Hz.

I segnali VIDEO OUT e AUDIO OUT sono disponibili anche in un euroconnettore, o presa scart, perché molti apparecchi non possiedono i connettori dell'uscita del tipo RCA. Ci si deve ricordare di collegare sempre la pinza della massa del segnale corrispondente; se non la si collega, la visualizzazione può essere molto disturbata o addirittura impossibile.

Segnale di uscita video corrispondente a una immagine di barre verticali sullo schermo.

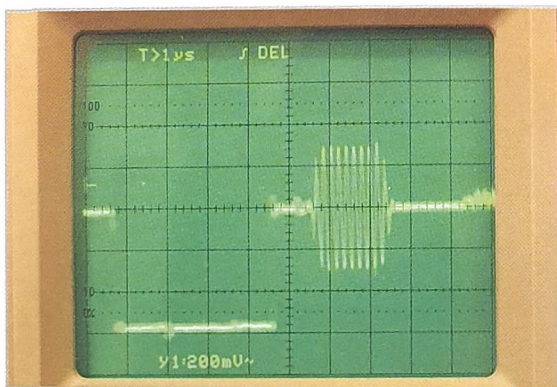
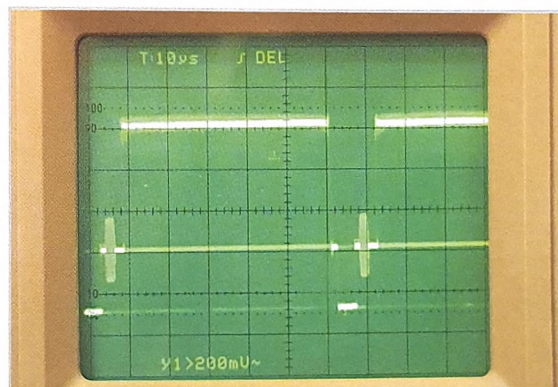
Video che mostra il segnale a barre che stiamo vedendo sullo schermo dell'oscilloscopio.

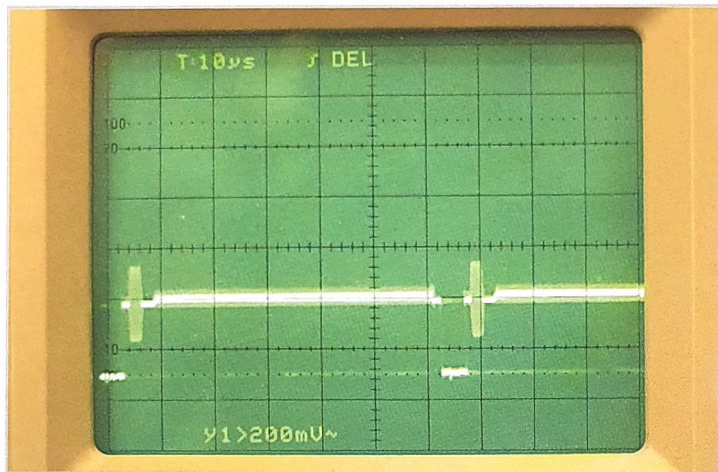
Segnale a barre

Un segnale tipico utilizzato nei video è il segnale delle bande verticali che, essendo costituito da linee tutte uguali, può essere visto perfettamente sullo schermo di un oscilloscopio e ha il tipico aspetto di una scala. Ogni scalino corrisponde a un diverso livello di luminanza.

Per maggior chiarezza, ricordiamo che in questo caso l'immagine video mostra delle barre verticali, ed è costruita con molte linee orizzontali.

Livello del bianco e del nero

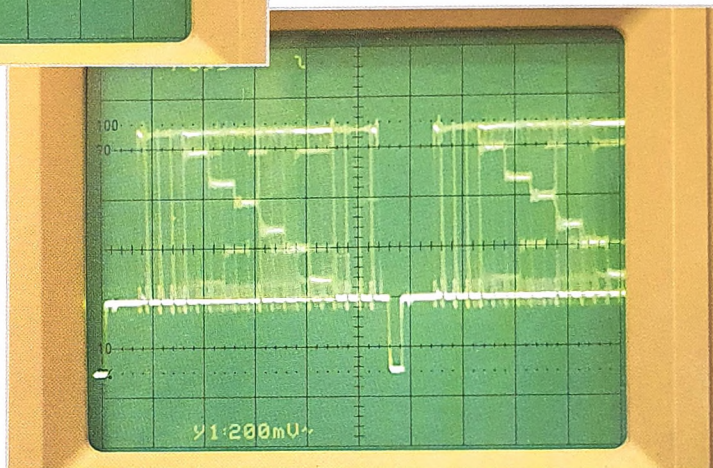
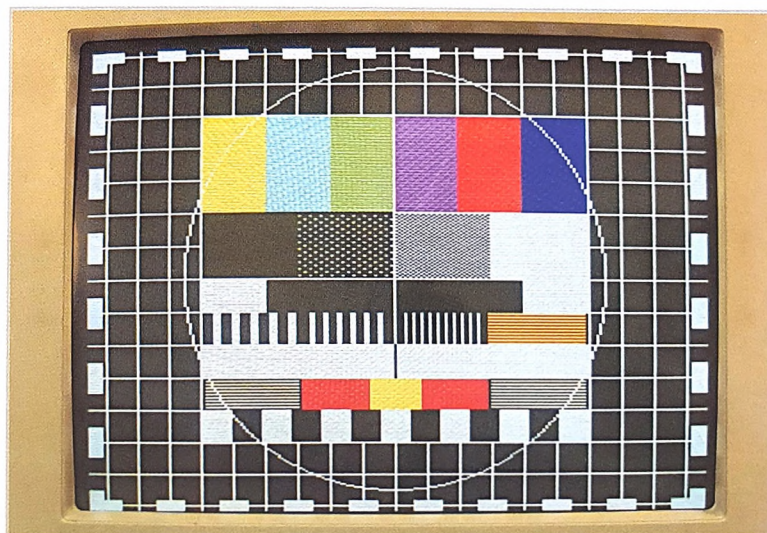
Il livello del segnale video è compreso tra due valori estre-

Dettaglio di un segnale video. Questa zona corrisponde al segnale di burst o salva colore.

Segnale di uscita di una videocamera quando la si mette a fuoco su una superficie bianca ben illuminata.

Osservazione dei segnali sullo schermo di un oscilloscopio

Segnale di uscita di una videocamera quando non riceve luce: si vede il livello del nero.

mi, il bianco e il nero, che sono facilmente identificabili: basta collegare l'uscita video di una videocamera all'oscilloscopio. Quando mettiamo a fuoco un foglio, o una parete bianca e perfettamente illuminata, otteniamo il limite superiore (il livello del bianco) e quando tappiamo l'obbiettivo otteniamo il limite inferiore (il livello del nero). Se mettiamo a fuoco una videocamera su un qualunque oggetto, vediamo che il livello fluttua nell'ambito dei suddetti limiti. Nelle videocamere è molto importante regolare bene il bianco, anche se quelle moderne lo fanno automaticamente.

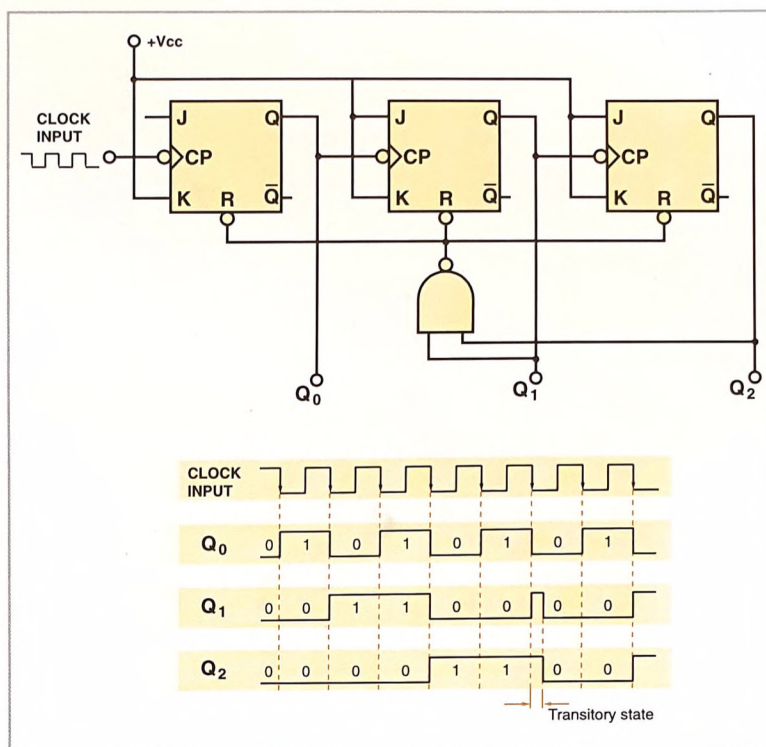
Mappe di regolazione

Esiste una notevole varietà di generatori di segnali per la regolazione dei monitor dei videoregistratori e dei televisori: si chiamano mappe e ciascuna di esse consente di effettuare un tipo di regolazione. Esistono differenti trame, barre verticali, quadrati colorati, cerchi, eccetera. Questi consentono una regolazione di determinati parametri degli schermi, alcuni dei quali accessibili anche agli utenti, come la luminosità, il contrasto, il colore eccetera.

Logicamente sull'oscilloscopio è possibile visualizzare bene solamente i parametri delle barre; le altre mappe di regolazione contengono linee diverse, che producono sullo schermo una specie di nube in movimento tra due impulsi di sincronismo orizzontale, che invece si vedono abbastanza bene.

Quando le linee cambiano e le immagini si sovrappongono non è facile identificare il segnale; questo segnale per esempio è quello di una mappa di regolazione.

Sul video si vede la mappa di regolazione, il cui segnale è visualizzato con l'oscilloscopio nella figura precedente.

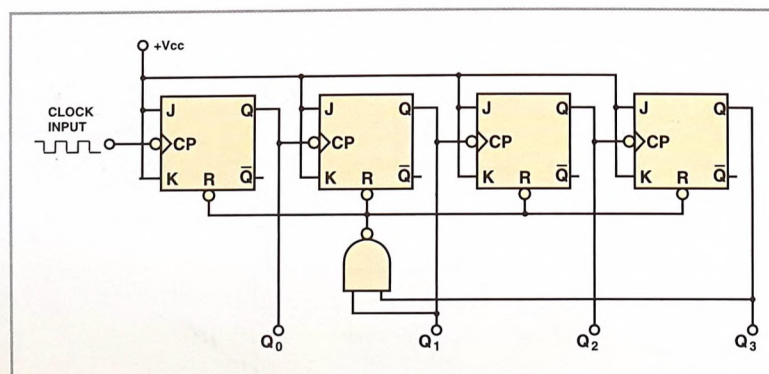
Contatori digitali (II)

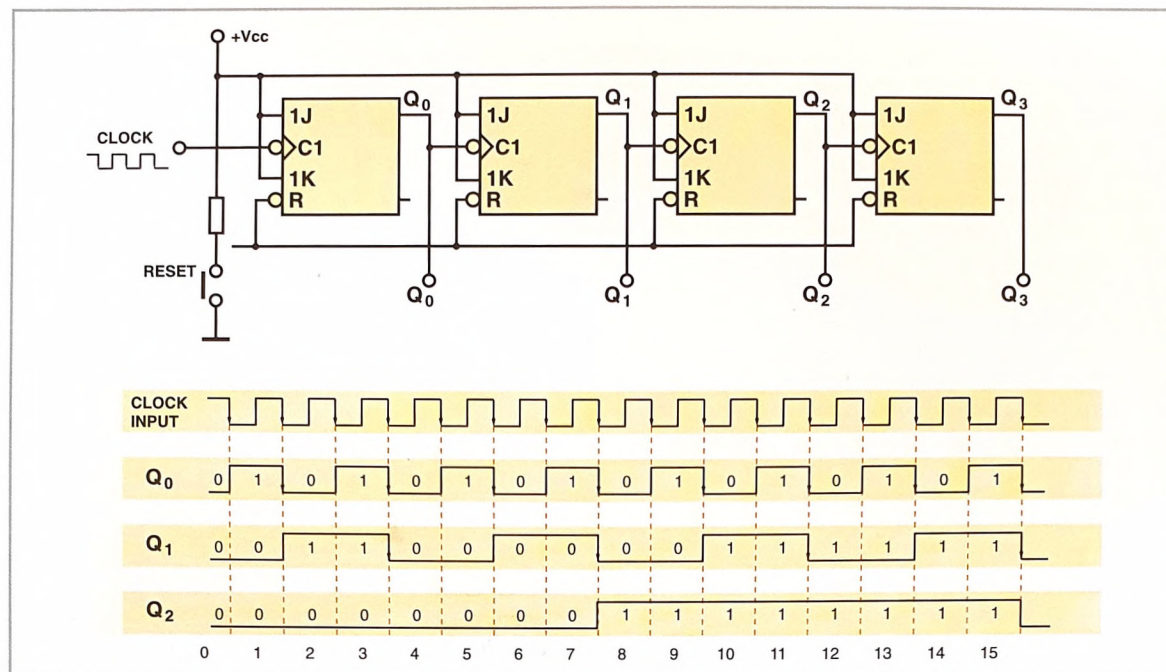
Vediamo i diversi tipi di contatori digitali classificandoli in funzione del loro segnale del clock.

Proprio come abbiamo visto nella parte introduttiva riguardo ai contatori e come abbiamo scoperto nei molteplici esperimenti realizzati lungo questa opera, questo tipo di dispositivi ha un campo di applicazioni molto ampio. Li possiamo utilizzare in: frequenzimetri, orologi, divisori di frequenza, sequenziatori per il controllo industriale, temporizzatori eccetera. In pratica vengono usati in generale per tutte quelle applicazioni in cui ci sia bisogno di contare gli impulsi. Vedremo fondamentalmente due tipi di contatori: i sincroni e gli asincroni. I primi garantiscono una maggior velocità di funzionamento e non presentano l'inconveniente di avere degli stadi transitori, anche se possono sembrare più complicati, mentre i secondi sono molto più semplici.

Il contatore asincrono a modulo 6 ci permette di contare da 0 a 5. A questo scopo si rileva il numero 6, che resetta tutti i flip-flop, e il conteggio ricomincia.

Contatori asincroni

Questo tipo di contatori viene ottenuto partendo da dei bistabili configurati a T e collegati uno di seguito all'altro di modo che l'uscita di uno, Qi, sia l'ingresso del clock per il successivo, CLKi + 1. L'esempio di un contatore di questo tipo a quattro uscite e la rappresentazione del segnale in ciascuna di esse, è chiarissimo. Si tratta di un contatore a 4 bit realizzato con bistabili JK configurati a T (uniamo gli ingressi J e K e li mettiamo alla tensione di alimentazione pari a +Vcc). Alle uscite da Q0 a Q3 otteniamo il numero binario corrispondente al numero degli impulsi dell'ingresso. Nel bistabile a cui applichiamo il segnale del clock esterno (CLOCK) otteniamo l'uscita di minor peso del contatore (Q0). Dato che i bistabili sono configurati a T la frequenza di uscita di ognuno sarà la metà rispetto all'ingresso del clock. Possiamo verificarlo nel diagramma dei tempi corrispondente. Quando arriviamo al valore massimo del conteggio (Q0 = Q1 = Q2 = Q3 = 1) il contatore torna allo stato iniziale (Q0 = Q1 = Q2 0 Q3 = 0) e il processo continua.

Di conseguenza il numero massimo di stati differenti è 16 e la sua massima capacità di conteggio arriva a 15. Il massi-

Dei contatori che esistono nelle applicazioni lente, forse il più economico e utilizzato è l'asincrono BCD che conta da 0 a 9. Si basa su un contatore a 4 bit (da 0 a 15) nel quale si rileva il 10 e si resetta il conteggio.

Contatori digitali (II)

Per costruire un contatore binario puro basta inserire le uscite e gli ingressi dei flip-flop come indicato nell'illustrazione. I segnali in ogni uscita saranno di frequenza doppia rispetto al successivo.

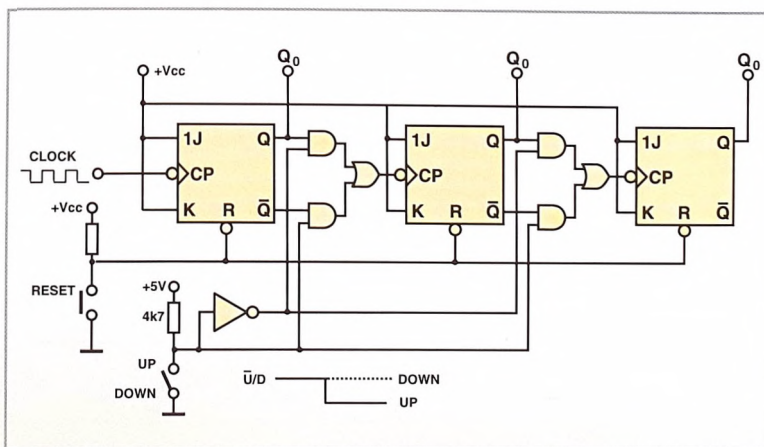
mo numero degli stati del contatore $N = 2^n$ dove enne è il numero dei bit del contatore e si chiama "modulo del contatore".

Se trattiamo il contatore come un divisore di frequenza, ogni bistabile si comporta come un divisore per due, all'uscita Q1 avremo una divisione per quattro, alla Q2 per otto e alla Q3 per sedici. Nei contatori, quindi, il modulo indica quale sia la massima divisione per potenza che è possibile raggiungere con un contatore.

Per quanto concerne la velocità di funzionamento, dato che i bistabili commutano in serie, i tempi di programmazione si sommano, cosicché il tempo totale che intercorre nel percorrere tutti gli stati possibili verrà direttamente dato dalla velocità del clock: Tclk x N.

Dobbiamo fare una considerazione importante: la velocità di questo tipo di contatori è limitata perché sono collegati in serie (ognuno riceve il segnale dal precedente), i ritardi di propagazione sono trascurabili per le basse velocità, ma diventano importanti per le alte frequenze.

Asincroni di modulo n

La struttura di un contatore asincrono che abbiamo visto è sempre valida per formare un sistema contatore per qualunque capacità di conteggio: basta collegare in serie più bistabili. Ad ogni modo si ottiene sempre

Per realizzare un contatore ascendente/discendente basta aggiungere una piccola logica di selezione che scelga l'uscita Q (up) o la /Q (down).

Contatori digitali (II)

un contatore con un modulo potenza di 2 (2^n), perciò la sua capacità di conteggio sarà di (2^{n-1}), cioè di 3 (2 bit), 7 (3 bit), 15 (4 bit), 31 (5 bit) eccetera.

In molti casi si ha bisogno di un contatore con modulo diverso da 2^n, un contatore cioè che non conti sino al suo massimo ma fino a un numero che ci interessa per poi tornare al numero iniziale e ricominciare. Spieghiamo con un esempio in cui il conteggio va da 0 a 5.

Dato che dobbiamo contare fino a 5, sono necessari tre bistabili. Il metodo che utilizzeremo è la rilevazione dei bit a 1 della quantità successiva a 5 (101), cioè 6 (110) e quando si produce, deve resettare il contatore e farlo tornare a zero. Il numero 6 viene rappresentato come Q2 = 1, Q1 = 1 e Q0 = 0 per cui alle uscite Q1 e Q2 inseriremo una porta. Se dobbiamo resettare tutti i flip-flop a livello basso, la porta dovrà essere una porta NAND perché con le sue entrate a livello alto l'uscita sarà 0. Come possiamo vedere nell'illustrazione corrispondente appare uno stato transistorio che genera il reset del contatore. Si rappresenta nel diagramma dei tempi e anche se è un'uscita non voluta grazie alla sua brevità non dà problemi. Quello che abbiamo fatto per il contatore con modulo 6, possiamo farlo per qualsiasi altro contatore con un altro valore. Quello forse più utilizzato è a modulo 10 per rappresentazioni BCD. In questo caso per contare da 0 a 9 si deve resettare quando arriva al 10 (Q3 = 1, Q2 = 0, Q1 = 1 e Q0 = 0). Collocheremo pertanto alle uscite Q3 e Q1 una porta NAND e la sua uscita andrà collegata a tutti gli ingressi del reset dei flip-flop.

Uno dei dispositivi più utilizzati oggi è il modem; in esso si attua un rigoroso conteggio di tutti i bit che gli arrivano, avvisando il PC quando è pieno per trasmettergli un pacchetto di dati.

Asincrono ascendente/discendente

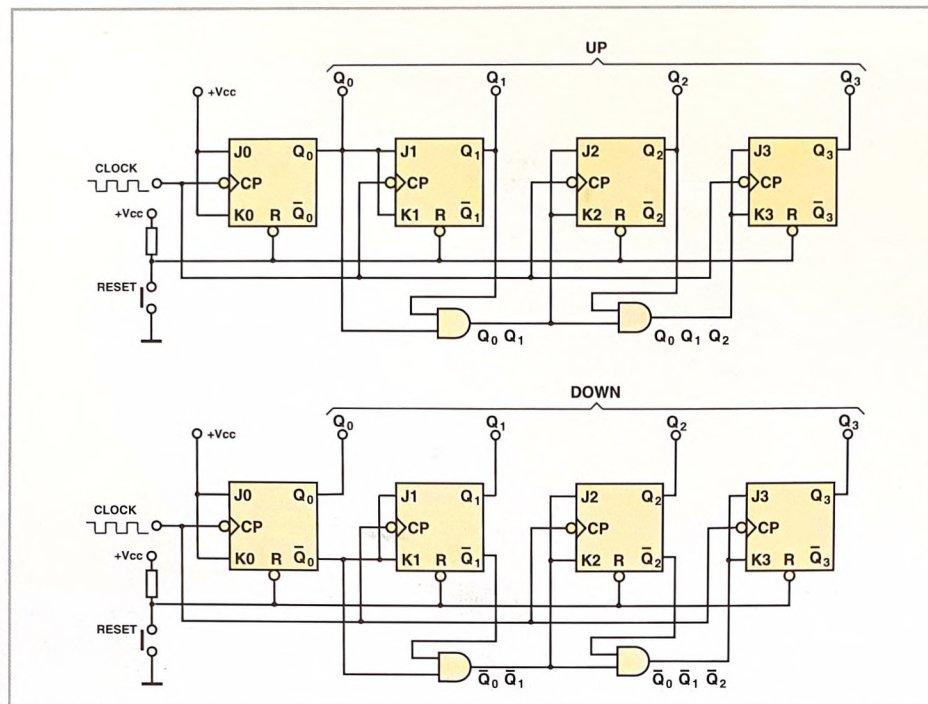
Per ottenere un contatore ascendente si deve collegare l'uscita Q di ciascun flip-flop all'ingresso di clock del bistabile successivo. Perché il contatore conti in modalità discendente, dovremo unire l'uscita /Q di ogni flip-flop all'ingresso del clock del successivo. In questo modo possiamo imporre una logica di selezione all'uscita di ogni flip-flop per far sì che in funzione dello stato di un terminale U/D (UP/DOWN) il contatore conti in modalità ascendente o discendente.

Contatori sincroni

I contatori sincroni sono caratterizzati dal fatto che tutti i loro bistabili ricevono il medesimo segnale del clock; cambiano di stato nello stesso tempo, ossia in maniera sincrona. Ciò fa sì che non appaiano stati transi-

CLOCK INPUT
RESET
C1 R Q $\overline{Q}$ — Q_0, Q_1, Q_2

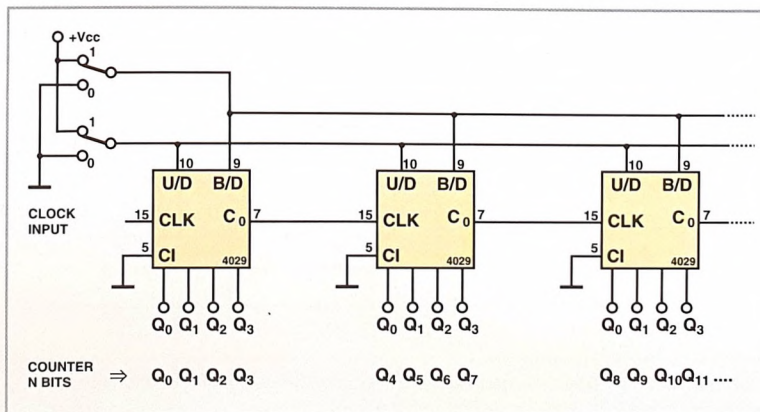
I contatori sincroni sono caratterizzati dal fatto che i flip-flop che li costituiscono hanno tutti i segnali di clock uniti. Per i dati si deve determinare una speciale logica.

Contatori digitali (II)

Il contatore sincrono binario puro è il più semplice e la logica che si deve imporre è formata da una semplice porta AND. A seconda se sia ascendente o discendente verrà presa l'uscita Q o la /Q.

stori indesiderati alle loro uscite, e inoltre che siano più veloci rispetto agli asincroni. Dato che il clock si collega a tutti i bistabili, questi ultimi si attivano tutti insieme. La connessione degli ingressi dei dati dipende dalle caratteristiche del contatore e si fa basandosi su una metodica di progettazione predeterminata e lunga, per mezzo delle tavole di Karnaugh. Il caso più semplice è il contatore binario puro, che può essere costruito in maniera totalmente meccanica utilizzando delle porte AND che gestiscono le uscite intermedie. Se il contatore è ascendente da 0 a 15 si prenderanno come ingressi delle suddette porte AND le uscite Q dei bistabili, mentre se è discendente gli ingressi delle porte saranno le uscite /Q (vedi illustrazione).

Interconnessione di contatori

È logico poter disporre in un sistema di diversi contatori collegati tra di loro: possono contare più di quanto non faccia un solo contatore. Per poter collegare tra di loro dei contatori, si deve soddisfare una condizione fondamentale: che siano configurati nel medesimo modo. Questo significa che gli ingressi di selezione della modalità del conteggio (ascendente/discendente), gli ingressi di SET e RESET, i comandi per il conteggio in binario/decimale, devono essere impostati allo stesso livello logico. Il passo successivo è collegare dei terminali che siano già stati disposti per questo scopo e che sono normalmente chiamati CARRY IN e CARRY OUT (riporto d'ingresso e riporto di uscita).

Per collegare tra di loro dei contatori asincroni la "regola d'oro" da seguire è collegare tutti i segnali di controllo uniti in tutti i contatori e il segnale di CARRY OUT di ogni contatore all'ingresso del clock (CLK) del contatore successivo.

Sistema di alimentazione ininterrotta

I computer e gli apparecchi che controllano dei servizi importanti non possono dipendere esclusivamente dalla rete di distribuzione dell'elettricità.

Ultimamente sono molto conosciuti gli apparecchi SAI, abbreviazione di Sistema di Alimentazione Ininterrotta, e la loro applicazione si sta estendendo anche all'utilizzo domestico. Finora gli apparecchi cessavano di funzionare quando c'era un black-out di energia, per ricominciare quando questa si ristabiliva. Gli apparecchi informatici però subivano dei danni nei programmi, e cosa ancor più grave, perdite di dati e di molte ore di lavoro. Tutti sanno che un computer non si spegne semplicemente schiacciando un interruttore. Quando parliamo di computer dobbiamo pensare per esempio ai computer che controllano l'amministrazione di un'impresa, i dati riguardanti i movimenti bancari, il funzionamento delle reti telefoniche, le tariffe delle chiamate, eccetera.

Apparecchi ad alimentazione ininterrotta da 325 VA a 2500 VA.

C'è anche un'altra serie di apparecchiature a cui si deve assicurare l'alimentazione: per esempio l'illuminazione di una sala operatoria e gli strumenti che si usano per le operazioni, oppure quelli di una UCI (Unità di Cure Intensive). È importante che il chirurgo, per poter operare, abbia sempre la luce e che le delicate apparecchiature che utilizza non sbaglino e soprattutto non siano soggette a black-out.

Alcune apparecchiature come i sistemi di aiuto per la navigazione aerea e l'illuminazione segnaletica di un aeroporto non possono avere delle avarie. Nei grandi magazzini la mancanza di illuminazione può creare situazioni di panico e quindi di pericolo, oltre a pregiudicare l'aspetto economico. Anche per altre attività conviene disporre di apparecchi ad alimentazione ininterrotta; in un ristorante prestigioso, per esempio, non è opportuno dover far uscire tutti i clienti per un black-out elettrico.

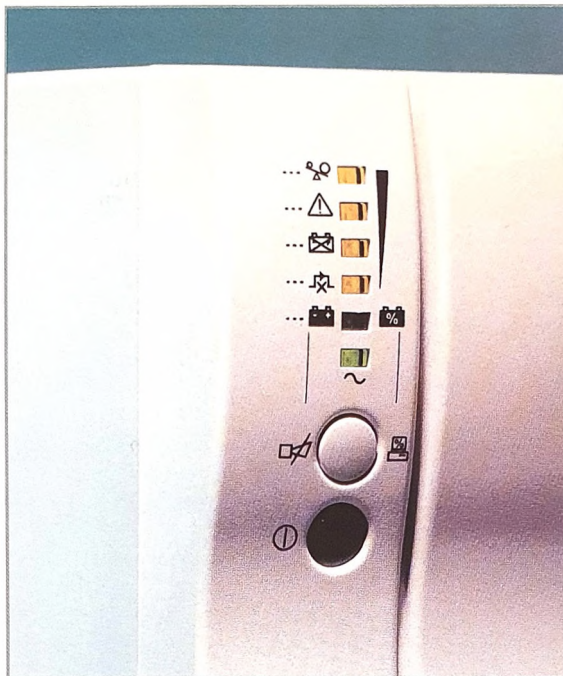
I SAI più moderni dispongono di software di shutdown per diversi settori informatici.

La soluzione

La soluzione è diversa a seconda dei casi, e deve essere adeguata alle esigenze. La denominazione SAI (in inglese UPS Uninterruptible Power Supplies) si applica ad apparecchi che danno continuità all'alimentazione della rete: per black-out di breve durata utilizzano energia immagazzinata nelle batterie e mantengono l'alimentazione, a seconda dell'applicazione, tra 5 e 20 minuti. Questo periodo di tempo serve per chiudere gli archivi e

Sistema di alimentazione ininterrotta

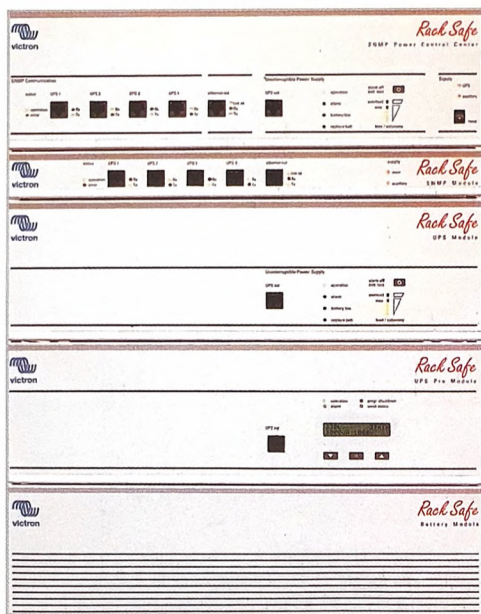
proteggere così i dati, o dare il tempo, nel caso il sistema sia stato progettato a questo scopo, perché i motori a scoppio che fanno funzionare i generatori ausiliari, partano e raggiungano la velocità di regime utile. Questo sistema è necessario quando il consumo è elevato. Le soluzioni sono diverse e richiedono per ogni caso un'analisi particolareggiata; in un piccolo studio, per esempio, basterà sentire l'allarme acustico per chiudere i programmi e salvare i dati, anche se ci sono SAI e programmi che possono eseguire automaticamente le operazioni di chiusura. Un altro esempio è costituito da una sala operatoria che potrebbe consumare per esempio 3 kVA per i quali è necessario un generatore. Anche se di ottima qualità potrebbe impiegare per partire da 1 a 2 minuti: durante questo lasso di tempo l'alimentazione deve essere mantenuta con un SAI.

Dato che si tratta di circostanze delicate è meglio che il SAI sia in grado di garantire l'alimentazione per un maggior periodo di tempo, ad esempio 30 minuti, perché se il generatore dovesse essere guasto, questo periodo di tempo servirebbe a trovare altre soluzioni o a prendere decisioni importanti. I tempi che abbiamo dato finora possono andare bene in un'evenienza e non in un'altra; insistiamo nel dire che si deve studiare con molta attenzione ogni caso.

I SAI devono avere un pannello di indicatori con spie che ne testimonino lo stato di funzionamento.

Sistemi informatici

Tanto più importante è un sistema informatico tanto più ha bisogno di essere protetto dai black-out. Si calcola che il 25% dei danni subiti dai sistemi informatici derivino da black-out del sistema energetico, e che in qualche caso possano danneggiare il sistema, e che per ripararlo servano ore se non giorni. Ne potrebbero derivare quindi enormi perdite economiche: pensiamo al denaro perso da una compagnia telefonica che perde anche solo un'ora di tariffazione. Non si deve pensare a proteggere solamente gli utenti della rete ma anche tutta la strumentazione e gli apparecchi ausiliari come modem, fax, stampanti, switches, centralini telefonici di uffici eccetera. Esistono modelli di SAI di ogni dimensione e per ogni applicazione; inoltre, se necessario devono essere in grado di mantenere un dialogo con il sistema informatico per spegnerlo, se consentito, nel caso il black-out sia prolungato, perché non sempre c'è una persona davanti a ogni computer oppure perché l'operatore può assentarsi per quei pochi minuti in cui potrebbe verificarsi un problema nella rete. Non si deve mai affidare un sistema informatico unicamente all'esistenza di un generatore, ausiliario perché il tempo che quest'ultimo impiega a partire è troppo lungo per il primo. Il costo degli apparecchi SAI si ammortizza rapidamente, perché essi riducono al minimo le perdite dovute ai black-out o alle altre perturbazioni della rete che vedremo in seguito.

SAI da 1500 VA a 4000 VA destinato a diverse applicazioni.

Sistema di alimentazione ininterrotta

Sistema di alimentazione ininterrotta in rack da 19 pollici; ha un sistema di gestione attraverso la rete informatica, per garantire un ottimo sfruttamento e la massima protezione dei dati.

Altri problemi

Oltre ai black-out di energia facilmente riscontrabili a occhio quando la luce nell'ufficio manca, ci sono altri problemi molto gravi e in alcuni casi difficilmente riscontrabili. A volte si verificano delle sovratensioni superiori al 10% causate da una diminuzione del consumo nell'ambito della zona di fornitura, che provocano errori di trasmissione dei dati, lampeggiamento delle luci e anche spegnimento dei sistemi.

A volte appaiono dei picchi di tensione molto elevati dovuti alla connessione e disconnessione di carichi induttivi come motori o disturbi derivanti da scariche atmosferiche, che possono anche provocare dei danni fisici evidenti dell'hardware. Possono esserci anche perturbazioni elettromagnetiche o di radiofrequenza che interferiscono nel funzionamento degli apparecchi provocando perdite di dati e avarie nei sistemi.

Anche un repentino abbassamento di tensione per accensione di motori o spegnimento di gruppi elettrogeni (abbastanza frequenti per la mancanza di combustibile) può costituire un problema. Un'altra situazione a rischio è il verificarsi di microcorti, o mancanze molto brevi nell'erogazione, che possono danneggiare seriamente le apparecchiature.

Tutte queste perturbazioni possono a volte far saltare i sistemi di protezione della rete come i differenziali o i magnetotermici, per cui conviene sapere dove sono stati installati i quadri elettrici e avvertire sempre quando si ricollega la corrente.

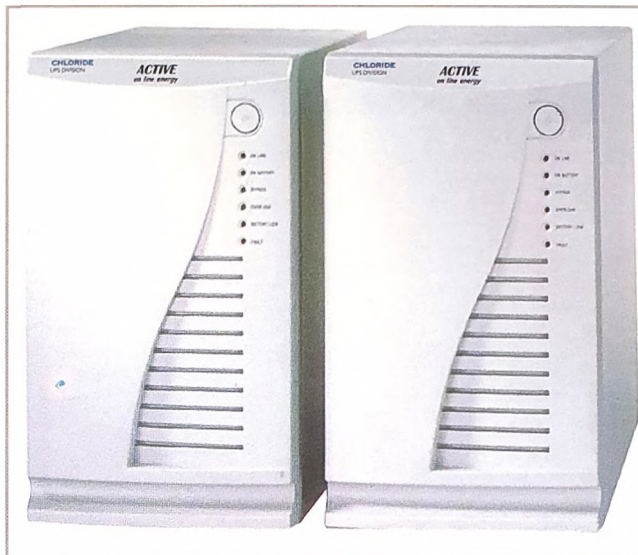
A molti di questi problemi si ovvia con i sistemi di protezione, ma conviene che anche l'apparecchio sia protetto al massimo – i SAI proteggono da quasi tutti i problemi elencati. Nel caso di un fulmine è necessario aggiungere una protezione in più, poiché i SAI proteggono solamente dalle tensioni residuali; questa protezione deve essere collocata nell'installazione dell'edificio.

Schema base

Ogni costruttore ha un diverso schema per ogni SAI, oltre a vari modelli e la protezione offerta da questi sistemi aumenta sempre più. Tuttavia semplificando molto possiamo dire che un SAI è un sistema che converte l'energia della rete in continua per caricare la batteria, e che utilizza un convertitore o inverter per convertire l'energia continua della batteria in energia sotto forma di corrente alternata, simile a quella dell'ingresso per frequenza e tensione. È il sistema detto a doppia conversione. Non è semplice, perché bisogna evitare che i picchi di tensione della rete, quando si collega e si scollega l'alimentazione, arrivino al computer: si deve evitare che l'inverter generi interferenze, si deve stabilizzare la frequenza, controllare la carica delle batterie, cercare di sfruttare direttamente la rete quando si può,

Sistema di alimentazione ininterrotta da 160 a 500 kVA.

Sistema di alimentazione ininterrotta

Alimentazione ininterrotta da 10 a 60 kVA.

SAI da 1 a 3 kVA, tensione d'ingresso da 160 a 275 V.

eccetera. Sono solo alcuni degli innumerevoli problemi che i costruttori hanno risolto offrendo apparecchi che funzionano ormai da anni senza problemi, per cui se ne devono seguire attentamente i lavori di manutenzione, pochi, raccomandati dal costruttore di ogni SAI.

Potenza

Ci sono SAI che lavorano con potenze che vanno da centinaia di VA a decine o centinaia di kilowatt. La durata delle batterie dipende dal consumo e dal singolo progetto, per esempio possiamo avere SAI da 400 VA che durano un'ora e SAI da 10 kVA che durano dieci minuti. La potenza dipende dal dimensionamento dei circuiti convertitori.

La durata dipende dalla capacità delle batterie utilizzate e dal consumo; si deve tener conto del rendimento perché anche i circuiti interni di un SAI consumano.

Dato che ci sono moltissimi casi differenti, raccomandiamo di ricorrere al costruttore per farci consigliare il modello più adeguato.

Infatti potremmo correre il rischio di danneggiare l'apparecchio e accorciare la vita utile del SAI, in quanto un gruppo di continuità troppo piccolo non ci proteggerebbe a sufficienza; per contro, sarebbe antieconomico installare un SAI di potenza superiore a quella necessaria.

Alcuni SAI possiedono microprocessori
con programmi studiati dai costruttori per gestirne il funzionamento.